

Aus: *Angewandte Linguistik und Computer. Kongreßbeiträge zur 18. Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Linguistik, GAL e.V.* Hrsg. von B. Spillner. Tübingen 1988. S. 5 - 35.

ANGEWANDTE LINGUISTIK UND COMPUTER
Kongreßbeiträge der 18. Jahrestagung der Gesellschaft
für Angewandte Linguistik, GAL e.V.
Hrsg. von Bernd Spillner

PLENARVORTRÄGE

Weichenstellungen für die maschinelle Sprachverarbeitung

Peter Hellwig

Vielleicht sehen es manche mit gemischten Gefühlen, daß die Gesellschaft für Angewandte Linguistik eine Jahrestagung dem Thema Computer gewidmet hat. Sie werden meinen, daß eine Maschine in den Geisteswissenschaften nichts Wesentliches zur Lösung der Probleme beitragen kann. Andere werden im Gegenteil geneigt sein, dem Computer auch hier eine Schlüsselstellung einzuräumen. "Computerprogramme spielen Schach, lernen aus Erfahrung, verstehen menschliche Sprache – kurz dringen unaufhaltsam in die Sphäre des Geistes vor" heißt es in einer Einführung in die sog. Künstliche Intelligenz (Waltz 1982, p. 68).

Mein Anliegen ist es, sowohl der Ablehnung des Computers wie auch übersteigerten Erwartungen entgegenzutreten. Einerseits möchte ich für den Computer als methodisches Instrument bei der Erforschung von Sprache und Literatur werben. Andererseits halte ich es aber auch für notwendig, Verkürzungen abzuwehren, die Begriffe wie Lernen, Erfahrung, Verstehen, und Sprache erfahren, wenn geisteswissenschaftliches Problembewußtsein fehlt.

Aber sehen wir uns zunächst an, was alles an Sprachverarbeitung mit dem Computer denkbar ist. In der folgenden Übersicht habe ich den verschiedenen Aufgaben beispielhaft einige Produkt- oder Produktnamen hinzugefügt, um Ihnen einen Eindruck von dem Ausmaß der gegenwärtigen Bemühungen zu geben.

Schreibarbeiten: Textaufnahme, Löschen, Einfügen, Kopieren, Umstellen, Layout, Drucken (TEX, Word, Wordstar u.v.a.)

Textherstellung: Silbentrennung, Rechtschreibprüfung, Fehlerkorrektur (Word, Wordstar, Orthocheck u.v.a.), Grammatikprüfung, Stilprüfung, Formulierungshilfen (EPISTLE)

Übertragung: Laut in Schrift (EVAR, SPICOS, VESPRA), Schrift in Laut (DAWID, GRAPHON)

Philologische Texterschließung und Edition: Konkordanzen, Registererstellung, Kollation, Belegstellensuche (OCP, TUSTEP, LEMMA, BYU Concordance, ECOINDEX, CORDA, COLLATIO, PRO TEXT)

Lexikographie: (TEAM, LEDA, COMPLEX, COLEX)

Bibliographische Texterschließung: automatische Schlagwortvergabe, Literatursuche (AIR, JUDO, Synopse)

Komplexe Textbearbeitungen: Zusammenfassen, Referieren (TOPIC)

Maschinelle Übersetzung: (SYSTRAN, SUSY, ARIANE, METAL, LOGOS, ROSETTA, ATLAS, SEMSYN, EUROTRA)

Sprachunterricht: Sprachlehrprogramme (einige Hundert auf dem Markt¹)

Simulation menschlicher Kommunikation: Frage-Beantwortung, Folgern und Beweisen, Diagnosen stellen (LUNAR, PLIDIS, PLAIN, USL, MYCIN, LEX, LILOG, Q&A), Gespräche führen, Beraten (ELIZA, SHRDLU, HAM-RPM, XTRA)

Abb. 1: Beispiele für Maschinelle Sprachverarbeitung

Von den Schreibprogrammen abgesehen, sind die Erfolge aller dieser Bemühungen bescheiden. Elektronengehirne sind – trotz ihrer Ankündigung auf der GWAI 85 – auf dem Markt noch nicht erhältlich. Fragen wir uns: Was ist theoretisch überhaupt möglich?

GWAI 85

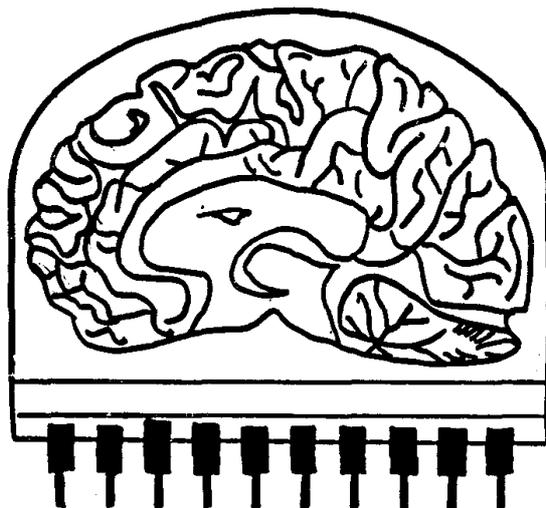


Abb. 2: German Workshop of Artificial Intelligence

1. Rechnen mit Sprache

Ein Computer ist nichts anderes als eine große Rechenmaschine.

Um abschätzen zu können, welche Möglichkeiten er bietet, müssen wir uns kurz mit dem Vorgang des Rechnens beschäftigen. Wenige wissen z.B. auswendig, was 21×52 ergibt. Wir kennen aber alle ein Verfahren, um die Lösung zu finden:

$$\begin{array}{r}
 21 \times 52 \\
 \hline
 105 \\
 42 \\
 \hline
 1092
 \end{array}$$

Abb. 3: Eine einfache Rechnung

Wie wird die Rechnung ausgeführt? Wir haben früher das kleine Einmaleins gelernt.

$$\begin{aligned} 1 \times 5 &= 5 \\ 2 \times 5 &= 10 \\ 1 \times 2 &= 2 \\ 2 \times 2 &= 4 \end{aligned}$$

Abb. 4: Regeln aus dem kleinen Einmaleins

Im Geiste haben wir die Ziffern in den beiden Zahlen 21 und 52 mit den Ziffern links vom Gleichheitszeichen im kleinen Einmaleins verglichen und jeweils die Ziffer im kleinen Einmaleins rechts vom Gleichheitszeichen hingeschrieben. Anschließend haben wir die Ziffern in den Spalten der Zwischenergebnisse addiert, wobei wir eine Regel benutzt haben, die wir ebenfalls auswendig kennen, nämlich:

$$5 + 4 = 9$$

Abb. 5: Eine Additionsregel

Der ganze Rechenprozeß war nichts anderes als eine Folge von Operationen mit Symbolen nach vorgegebenen Mustern.

Genau das kann der Computer. Die Frage nach der Reichweite des Computers kann somit beantwortet werden: Alles und nur das läßt sich mit einem Computer simulieren, was auf Symbolmanipulationen reduziert werden kann. Das klingt ernüchternd. Es ist aber einerseits mehr, als jemand mit einer traditionellen Vorstellung von den Geisteswissenschaften vermutet, und andererseits natürlich zu wenig, als daß damit das Wesen des menschlichen Geistes zu erfassen wäre.

Das Faszinierende an der Computerlinguistik ist der Versuch, die Grenzen des Rechnens mit Sprache hinauszuschieben. Wie man sich dies zu denken hat, werde ich in meinem Vortrag skizzieren. Ich komme zu meiner ersten These:

These 1: *Rechnen ist Manipulation von Symbolen nach einer Vorschrift. Mit einem Computer läßt sich daher alles und nur das nachbilden, was auf Symbolmanipulation reduzierbar ist. Das Erkenntnisinteresse der Computerlinguistik sehe ich darin, herauszufinden, wie weit man das Rechnen mit Sprache treiben kann.*

Um das Ergebnis vorwegzunehmen: Der Angelpunkt für das Rechnen ist die Syntax. Von ihr aus wird die logische Semantik der Sprache zugänglich. Diese schließlich eröffnet Möglichkeiten für semantisches Rechnen schlechthin.

Aber auch die Grenzen sind erkennbar. Es sind: 1.) das Komplexitätsproblem – relativ zur ungeheuren Kombinatorik sprachlicher Strukturen verfügen Computer über zu simple und daher zu umständliche Rechenoperationen;

2.) der geschichtliche Aspekt – unser Verständnis von der Welt wandelt sich fortwährend und damit die Bedeutung der Ausdrücke, mit denen wir uns untereinander über die Welt verständigen; 3.) der hermeneutische Aspekt – unser Verständnis von der Welt wird gespeist aus den Lebenszusammenhängen, in denen wir uns befinden, die wir – im wörtlichen Sinne – erleben. Aus diesen Lebenssituationen heraus deuten wir die sprachlichen Verständigungsmittel. Ohne diese Offenheit, welche die Maschine nicht besitzt, konservieren Symbole nur erstarrte Verständnisse.

Maschinelle Sprachverarbeitung reicht überhaupt nicht weit, wenn nicht bestimmte Voraussetzungen geschaffen werden. Ich greife zwei kritische Bereiche heraus, in denen m.E. die Weichen auf bestimmte Weise gestellt werden müssen, will man mit Sprache rechnen: die Syntax und die Semantik.

2. Weichenstellungen für die Syntax

Ich werde zunächst zeigen, daß auch die scheinbar einfachsten Aufgaben der maschinellen Sprachverarbeitung eine sprachtheoretische Fundierung verlangen. Der Schwerpunkt der Computerlinguistik muß daher in der Linguistik und nicht in der Informatik liegen.

Am Beispiel der Syntax werde ich sodann nachweisen, daß auch innerhalb der Linguistik die Weichen richtig gestellt werden müssen, um die maschinelle Sprachverarbeitung erfolgreich werden zu lassen.

2.1. Sprachtheoretische Fundierung

Eine der Aufgaben der Linguistischen Datenverarbeitung ist die Erschließung von Textcorpora. Nehmen wir an, ein Lexikograph benötigt Belege für das Verb "ärgern". Abb. 6 zeigt einen Ausschnitt aus einer Konkordanz des LIMAS-Corpus, die vom Computer hergestellt worden ist.

5820 ärgere	LC000*000000.005	Er hätte sich keine ärgere Verletzung seines Selbstwertgefühls vorstellen können.
	LC052*003191.002	Ich ärgere mich über den Nachbarn, der in der Wohnung nebenan eine geräuschvolle Feier veranstaltet.
5823 ärgern	LC030*007544.002	Warum ärgern Sie sich, wenn man Ihnen einen guten Rat erteilt?
	LC420*109869.024	Es widerspricht keinem einzigen seiner Hinweise, wenn ich annehme, daß er mit "red" die Gesamtheit jener Gegenstände meint, mit der ich bestimmte Politiker ärgern kann.
5827 ärgert	LC330*109869.010	Während Fremde Cassius Clay mit Muhammed Ali anreden, ärgert Frazier den ehemaligen Champion damit, daß er ihn stets mit Cassius Clay anredet.
	LC488*127708.017	Als er auch beim Mittagessen ein saueres Gesicht macht, versucht sie herauszufinden, worüber er sich ärgert.
5828 ärgerte	LC017*003814.002	Außerdem ärgerte es mich, daß sie inzwischen im Büro Entscheidungen über meinen Kopf hinweg traf.

Abb. 6: Beispiel einer KWOC-Konkordanz (LIMAS-Corpus)

Ein erstes Problem sind die flektierten Wortformen. Unser Lexikograph muß an verschiedenen Stellen nachschauen, nämlich unter *ärgere*, *ärgern*, *ärgert*, *ärgerte*. Ein zweites Problem ist die Homographie des Adjektivs und des Verbs. Der Benutzer muß selber erkennen, daß die beiden Belege unter *ärgere* nicht zusammengehören. Man wünscht sich natürlich eine Konkordanz, in der beide Probleme gelöst sind, d.h. eine die nach Lemmata geordnet ist.

Das Programm LEMMA (Willée 1980) ist ein typisches Beispiel dafür, wie man versucht, eine solche Konkordanz herzustellen. Zuerst erfolgt eine Endungsanalyse. Der Computer vergleicht das Ende eines jeden Wortes mit einer Liste von Endungen und Derivationselementen. Im Falle der Übereinstimmung wird der entsprechende Teil des Wortes abgetrennt.

Zerlegung:	Stamm/Lemma:	Wortart:
ärg-er-e	ärg/arg	Adjektiv
ärger-e	ärger/ärgern	Verb

Abb. 7: Endungs- und Derivationsanalyse

Hier ergibt sich *ärg* oder *ärger* als möglicher Stamm von *ärgere*. Im ersten Fall lautet das Lemma *arg*, im zweiten *ärgern*. Um den zweifelhaften Stämmen ein Lemma zuzuordnen zu können, benötigt der Computer eine Liste, in der beide explizit aufgeführt sind.

In unserem Beispiel ist je nach Wortart der eine oder der andere Stamm zutreffend, aber welche Wortart liegt vor? Dies soll in einem dritten Schritt herausgefunden werden, nämlich durch eine Umgebungsanalyse. Die Wortarten der Nachbarwörter, soweit sie schon eindeutig ermittelt worden sind, werden mit Mustern der folgenden Art verglichen.

Artikelwort	-----	Adjektiv	-----	Substantiv
		Verb		
<i>ich</i>	-----			

Abb. 8: Muster für die Umgebungsanalyse

Die Muster besagen: Steht das fragliche Element zwischen Artikelwort und Substantiv, so handelt es sich um ein Adjektiv. Steht es nach *ich*, so handelt es sich um ein Verb. Es ist leicht, für derartige Angaben Gegenbeispiele zu finden, z.B. . . . *daß ich ärgere Verletzungen erlitten habe als sie*. Um diese aufzufangen, muß man weitere Muster mit immer mehr Kontext aufstellen. Das bedeutet viel Aufwand, und trotzdem wird es immer wieder Ausnahmen geben. Die Wortformen sind eben nur die Spitze eines Eisbergs. Für eine einwandfreie Lemmatisierung muß man den syntaktischen Aufbau des ganzen Satzes zur Verfügung haben.

Und man kann sich das Ergebnis der Lemmatisierung auch noch schöner denken: nämlich als eine Konkordanz, in der auch die verschiedenen Varianten eines Wortes getrennt sind. Zu *ärgern* gibt es mindestens drei Varianten. Vergleichen Sie den Auszug aus Brockhaus-Wahrig in Abb. 9.

är·gern (V.) **1** (500/R7 od. R8) jmdn. ~ jmdm. Ärger, Verdruß bereiten, jmdn. ärgerlich machen, in Zorn versetzen; es ärgert ihn, daß...; jmdn. bis aufs Blut, zu Tode, ins Grab, krank ~ (fig.; umg.) 1.1 jmdn. ärgert die Fliege an der Wand (fig.; umg.) jede Kleinigkeit 1.2 boshaft necken: du darfst deine kleine Schwester, den Hund nicht immer ~; Mensch ärgere dich nicht (Würfelspiel) **2** (505/R3) sich ~ (über jmdn. od. etwas) ärgerlich (über jmdn. od. etwas) sein, werden; sich krank ~; ich habe mich sehr darüber, über dich geärgert; sich schwarz, grün u. blau ~ (fig.; umg.) [< ahd. *argiron* „schlechter machen“, bibl. „zum Bösen veranlassen, Anstoß nehmen“; zum Komparativ von *arg*]

Abb. 9: Auszug aus Brockhaus-Wahrig: Deutsches Wörterbuch

Im Falle von *Ich ärgere mich über den Nachbarn* bezeichnet das Subjekt denjenigen, der Ärger empfindet, und das Präpositionalobjekt das Ärgerliche. Dies ist Wahrigs Lesung 2. Im Falle von *Außerdem ärgerte mich, daß sie . . . Entscheidungen . . . traf* bezeichnet umgekehrt das Subjekt das Ärgerliche und das Akkusativobjekt denjenigen, der Ärger empfindet. Dies ist Wahrigs Lesung 1.1. Bei *Frazier ärgert den ehemaligen Champion* ist das Subjekt derjenige, der jemanden ärgerlich macht, und das Objekt derjenige, der ärgerlich wird, Wahrigs Version 1.2.

Auch zur Lösung scheinbar einfacher Aufgaben kommen also schnell weitere Ebenen des Sprachsystems ins Spiel. Ad-hoc Lösungen sind ein Faß ohne Boden. Das ädquate wissenschaftliche Paradigma für die maschinelle Sprachverarbeitung ist vielmehr das natürlichsprachige System, das alle Komponenten der Sprache auf generalisierte Weise umfaßt und miteinander verknüpft, sodaß zwischen beliebigen Eingaben und Ausgaben des Programms die gleichen semantischen Beziehungen bestehen, wie zwischen Texten, die menschliche Bearbeiter erzeugt haben. In der Praxis läuft dies auf die sog. sprachverstehenden Systeme hinaus, welche die Künstliche Intelligenz anstrebt. Theoretisch ist jedoch eine Einschränkung angebracht, denn für Computerprogramme wirklich Sprachverstehen zu postulieren, würde eine Verkürzung des Verstehens-Begriffs um die historisch-hermeneutische Dimension bedeuten.

Unter dieser Voraussetzung können wir uns Gedanken über das adäquate Design natürlichsprachiger Systeme machen. Eine generelle Lösung muß folgende drei Schritte enthalten:

- 1.) Man entwickelt einen Formalismus zum Schreiben von beliebigen Grammatiken.
- 2.) Man gibt sich daran, in diesem Formalismus einzelne Sprachen tatsächlich zu beschreiben.
- 3.) Man erstellt ein universales Programm, das Grammatiken beliebiger Sprachen auf beliebige Eingabedaten anwendet.

In modischer Terminologie sind dies die Aufgaben der Wissensrepräsentation, des Wissens und der Wissensverarbeitung. Wichtig ist, daß diese drei Bereiche getrennt werden. Für jeden gelten ganz verschiedene Kriterien, z.B. Ausdrucksstärke für den Formalismus, Korrektheit für die einzelsprachige Grammatik, Effizienz für den Algorithmus. Wird das linguistische Wissen von der Programmierung getrennt, können mit demselben Programm verschiedene Grammatiken getestet und so lange verbessert werden, bis sie adäquat und konsistent sind.

Dennoch ist diese Trennung keineswegs allgemein anerkannt. Es gibt eine Gegenposition, nach der die Besonderheit der maschinellen Sprachverarbeitung in einem prozeduralen Ansatz liegen müsse, d.h. die sprachlichen Erscheinungen müßten nicht zunächst objektiv beschrieben und dann von einem uniformen Programm erkannt werden, sondern es müßte das Dynamische des Sprachverstehens dadurch nachgebildet werden, daß die Grammatik selbst in Gestalt von Programmen repräsentiert wird. Diese Position zeugt in der Regel von einem mangelnden wissenschaftlichen Abstraktionsvermögen und endet nach einigen Anfangserfolgen in einer Sackgasse, sobald es gilt, größere Ausschnitte einer Sprache zu verarbeiten.

Es gibt sozusagen zwei Arten von Software. Die eine ist die Domäne des Informatikers. Sie besteht aus Rechen- und Speicherbefehlen, die vom Computer ausgeführt werden. Die andere ist das Wissen über die Sprache allgemein und die zahlreichen einzelsprachigen Phänomene im besonderen. Dies ist die Domäne des Sprachwissenschaftlers. Zu einem Teil schlummert diese "linguistische Software" in unseren Bibliotheken. Zu einem Großteil muß sie noch empirisch erforscht werden, was noch für lange Zeit den aufwendigsten Teil der Entwicklung natürlichsprachiger Systeme ausmachen wird. Dies wird in der Forschungspolitik meistens übersehen. Projekte werden in dem Augenblick eingestellt, in dem die Programme fertiggestellt sind. Das Testen der linguistischen Daten gilt nicht mehr als Grundlagenforschung, sondern als reine Anwendung. Ich bin aber davon überzeugt, daß der Schlüssel zum Erfolg zukünftiger Systeme gerade in der Qualität dieser linguistischen Software liegt. Deshalb gehören Projekte der maschinellen Sprachverarbeitung auch in die Linguistik und nicht in die Informatik. Das Problem ist die Sprache, nicht der Computer.

Ich schließe diesen Abschnitt mit folgender These:

These 2.1: *Langfristig wird dasjenige Sprachverarbeitungssystem am erfolgreichsten sein, das die beste sprachtheoretische Grundlage hat. Ebenso wichtig ist es, das empirische Wissen der Sprachwissenschaft auszuschöpfen.*

Der erste Schritt zur maschinellen Sprachverarbeitung ist also die Entwicklung einer Wissensrepräsentation für die Grammatik. Die Weichen müssen meiner Ansicht nach zweifach gestellt werden: in Richtung auf einen Unifikationsformalismus und in Richtung auf die Lexikalisierung der Grammatik.

2.2. Unifikationsformalismus

Derzeit ist eine Konvergenz einer Reihe von Grammatiktheorien von recht verschiedener Herkunft zu beobachten. Schon spricht man von einer "Familie von Formalismen", wobei die Zugehörigkeit zu diesem Club von Trendsettern durch einen englischen Namen und ein Kürzel signalisiert wird.

GB	Government and Binding Theory (Chomsky 1981)
GPSG	Generalized Phrase Structure Grammar (Gazdar/Klein/Pullum/Sag 1985)
HPSG	Head-Driven Phrase Structure Grammar (Pollard/Sag 1987)
LFG	Lexical Functional Grammar (Kaplan/Bresnan 1982)
DCG	Definite Clause Grammar (Pereira/Warren 1980)
FUG	Functional Unification Grammar (Kay 1985)
CUG	Categorial Unification Grammar (Uszkoreit 1986)
DUG	Dependency Unification Grammar (Hellwig 1978, 1986)

Abb. 10: Die Familie der Unifikationsgrammatiken

Allen gemeinsam ist die Verwendung komplexer Kategorien, die große Rolle, die das Lexikon spielt, sowie die funktionale Orientierung.

Gehen wir von der Phrasenstrukturgrammatik Chomskys aus und betrachten den Satz *Ich ärgere mich über den Nachbarn*.

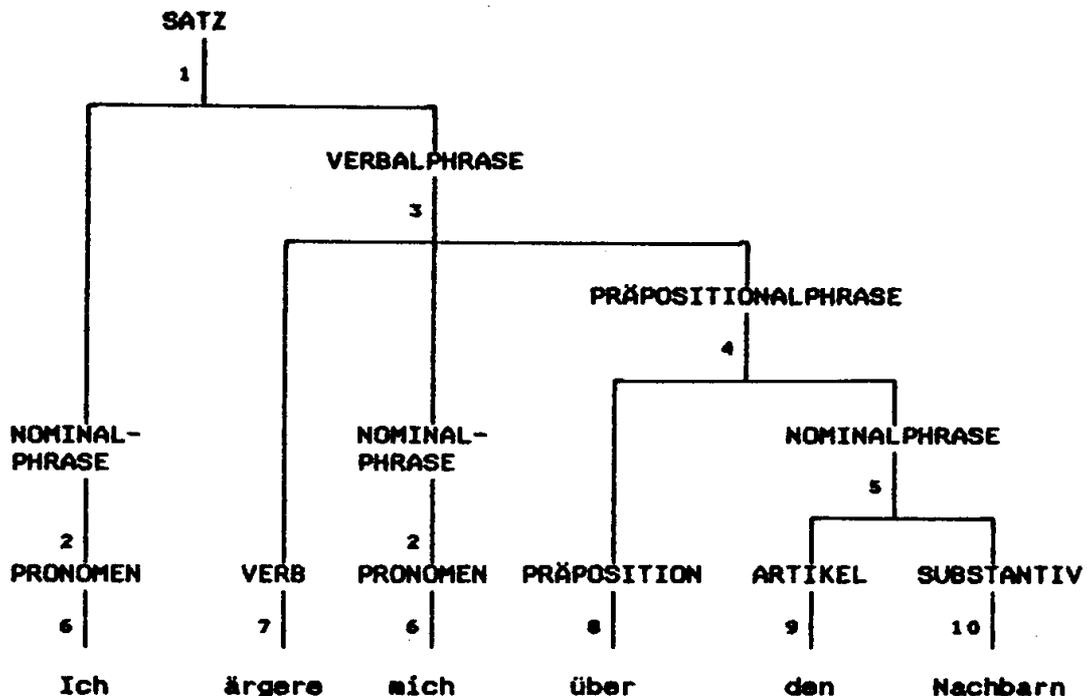


Abb. 11: Phrasenstrukturbaum

Das Strukturprinzip ist das folgende: Man nimmt den Satz als Ausgangspunkt und teilt ihn in Einheiten, die selbst wieder in Teile zerlegt werden, bis hin zu den Grundelementen. Die möglichen Teilungen hält man in Regeln fest.

- 1 **SATZ := NOMINALPHRASE + VERBALPHRASE**
- 2 **NOMINALPHRASE := PRONOMEN**
- 3 **VERBALPHRASE := VERB + NOMINALPHRASE + PRÄPOSITIONALPHRASE**
- 4 **PRÄPOSITIONALPHRASE := PRÄPOSITION + NOMINALPHRASE**
- 5 **NOMINALPHRASE := ARTIKEL + SUBTANTIV**
- 6 **PRONOMEN := ich, mich, ...**
- 7 **VERB := ärgere, ...**
- 8 **PRÄPOSITION := über, ...**
- 9 **ARTIKEL := den, ...**
- 10 **SUBTANTIV := Nachbarn, ...**

Abb. 12: Phrasenstrukturregeln

Die Regeln in Abb. 12 sind aber nicht genau genug. Die verschiedenen Elemente müssen ja teilweise in Kasus, Genus, Numerus und Person übereinstimmen. Wollte man aber alle richtigen Kombinationen dieser grammatischen Merkmale berücksichtigen, würde man statt der ersten Regel bereits mindestens sechs Regeln brauchen, nämlich für die 1., 2., 3. Person Singular und Plural je eine. Der Sachverhalt müßte genereller ausgedrückt werden können, so etwa wie in der traditionellen Grammatik, wo man einfach sagt: Ein Satz besteht aus Subjekt und Prädikat, wobei beide in Numerus und Person übereinstimmen müssen.

Um diese natürliche Art der Beschreibung in einer formalen Grammatik nachzubilden, dürfen die Kategorien nicht monolithisch sein, sondern müssen aus einem Komplex von Parametern und Werten bestehen. Parameter sind z.B. Person, Numerus und Kasus. Werte sind erste, zweite und dritte Person, Singular und Plural, Nominativ, Genitiv, Dativ und Akkusativ. Der um derartige Parameter angereicherte Strukturbaum sieht wie folgt aus:

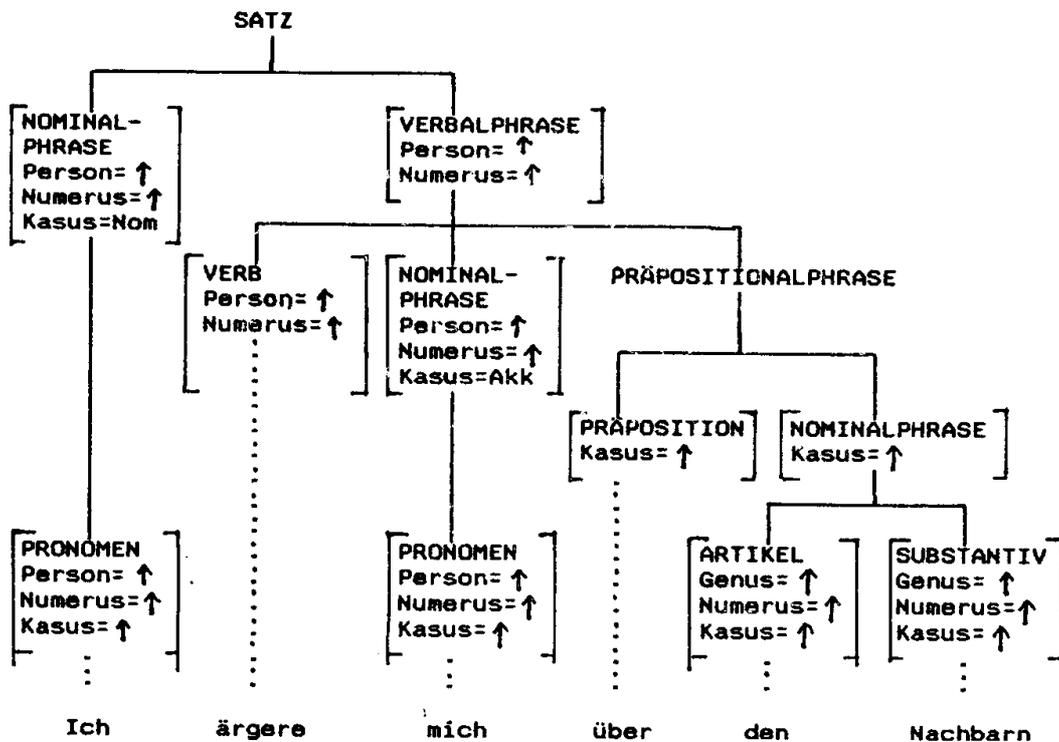


Abb. 13: Phrasenstrukturbaum mit komplexen Kategorien

Die erste Verzweigung entspricht der ersten Regel. Innerhalb der Nominalphrase, d.i. das Subjekt, ist für den Parameter Kasus ein bestimmter Wert gefordert, nämlich Nominativ. Alle anderen Parameter sind variabel. Durch den Pfeil wird angedeutet, daß ihre Werte nach oben hin weitergegeben werden. Divergieren die von der Nominalphrase und der Verbalphrase weitergereichten Werte, so können die Konstituenten nicht zur Konstituenten Satz zusammengefaßt werden. Auf diese Weise wird die Kongruenz in Person und Numerus erzwungen.

Der Rest unseres Strukturbaumes ist wie folgt zu lesen: Das Verb ist in Person und Numerus kongruent mit der Nominalphrase im Akkusativ, letztere ist das Reflexivpronomen. Die Präposition fordert eine Nominalphrase in dem Kasus, den sie regiert. Die Pronomina übergeben ihre Parameter an die Nominalphrasen, die sie vertreten. In der Nominalphrase müssen Genus, Numerus und Kasus des Artikels und des Substantivs dieselben sein.

Der ganze Strukturbaum ähnelt einer Gleichung mit mehreren Unbekannten. Er paßt auf viele andere Sätze, z.B. auch auf *Wir befassen uns mit der Sache* oder *Er bewirbt sich bei der Firma* usw. Und nun kommt das Lexikon ins Spiel. Die aktuellen Werte der Parameter stehen bei jedem Wort im Lexikon und werden von dort in die Gleichung eingesetzt.

Ich	ärgere	mich	über	den	Nachbarn
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> PRONOMEN Person=1. Numerus=Sing Kasus=Nom </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> VERB Person=1. Numerus=Sing </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> PRONOMEN Person=1. Numerus=Sing Kasus=Akk </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> PRÄPOSITION Kasus=Akk </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> ARTIKEL Genus=Mask Numerus=Sing Kasus=Akk </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> SUBSTANTIV Genus=Mask Numerus= / Kasus= Gen, Dat, Akk </div>

Abb. 14: Komplexe Kategorien

ich ist also 1. Person, Singular, Nominativ. Es paßt somit in der Gleichung zu einem Verb mit 1. Person, Singular. Ein solches liegt mit *ärgere* tatsächlich vor.

Die Vereinheitlichung der Werte nennt man heute in Anlehnung an einen ähnlichen Mechanismus in der Logik Unifikation. Die Trendsetter, die ich vorhin aufgeführt habe, machen davon Gebrauch und bilden daher die Gruppe der Unifikationsgrammatiken. Typisch ist für die ganze Richtung, daß die Regeln abstrakter werden, und daß das Lexikon eine immer größere Rolle spielt. Andererseits macht man das Lexikon nur so spezifisch wie nötig. Das Wort *Nachbarn* kann z.B. im Genitiv, Dativ, Akkusativ sowohl Singular wie Plural sein. Der Parameter Numerus bleibt daher unspezifiziert und erhält erst im Laufe der Unifikation mit dem Artikel einen Wert.

Ich fasse zusammen:

These 2.2: *Ein moderner Grammatikformalismus ist eine Art Gleichungssystem. Wie eine Gleichung mit mehreren Unbekannten, so wird auch die syntaktische Struktur eines Ausdrucks berechnet, indem eine Menge von Parametern "unifiziert", d.h. bezüglich ihrer Werte in Übereinstimmung gebracht wird.*

2.3. Lexikalisierte Grammatik

Für die Lexikalisierung der Grammatik gibt es einen inhaltlichen und einen praktischen Grund. Zunächst zu dem inhaltlichen.

Nicht nur die Kongruenzmerkmale hängen vom lexikalischen Material ab, sondern ebenso das Vorhandensein der Konstituenten selbst und die Funktion, welche die Konstituenten im Ganzen übernehmen.

Die funktionale Orientierung ist kennzeichnend für die neueren Grammatikansätze. Dabei herrscht allerdings oft eine verschwommene Vorstellung davon, was eine syntaktische Funktion ist. Berücksichtigt man die lexikalischen Bedeutungen der Elemente im Satz, so läßt sich die syntaktische Funktion einer Konstituente leicht konkret angeben. Die Funktion des Subjekts beim Verb *schlafen* ist schlicht, den Schläfer zu bezeichnen. Diese Ergänzung gehört mit zur lexikalischen Semantik von *schlafen*. Ohne einen Schläfer ist Schlafen nicht zu denken. Zur lexikalischen Bedeutung von *sich ärgern* gehört jemand, der sich ärgert, der Verärgerte, und das worüber er sich ärgert, das Ärgerliche. Folglich tauchen im Satz Konstituenten auf, die diese Rollen ausfüllen.

Mit diesen konkreten Rollen von Konstituenten haben wir einen guten Hebel in der Hand, um syntaktische Funktionen und Bedeutungsvarianten zu bestimmen. Legt man nur das Kriterium "gleiche oder unterschiedliche konkrete Rolle im Syntagma" zugrunde, gelangt man zu den abstrakten Kategorien wie Subjekt und Objekt. Diese reichen in der formalen Strukturbeschreibung auch aus. Die konkrete Interpretation liefert ja das Verb selbst. Umgekehrt sind verschiedene Lexeme für das Verb anzusetzen, wenn ein morpho-syntaktisch identisches Satzglied einmal die eine und einmal eine andere konkrete Funktion ausfüllt, wie es bei den drei Versionen von *ärgern* der Fall ist, in der das Subjekt einmal den Verärgerten, einmal das Ärgerliche, einmal den Ärgernden bezeichnet.

Halten wir fest: Eine funktional orientierte Syntax ist keine Angelegenheit abstrakter Baupläne, sondern sie beruht letztlich auf der lexikalischen Semantik der Grundelemente, und zwar nicht nur der Verben, sondern auch aller anderen Wörter. Im Rahmen einer Unifikationsgrammatik liegt es nahe, Ergänzungsfähigkeit der lexikalischen Elemente und die Funktionen der Ergänzungen formal als Parameter zu behandeln, die im Lexikon Werte bekommen, und von diesen Werten die Syntax des Satzes abhängig zu machen. Für die Verwirklichung dieser Idee eignet sich die Struktur, die sich aus den Teilungen des Satzes ergibt, aber nur schlecht. Die morpho-syntaktischen Anforderungen, die z.B. das Verb *ärgere* an seine Umgebung stellt, und die funktionale Interpretation, die es ihr aufprägt, können in Abb. 11 nur über große Umwege zum Subjekt, zum Reflexivpronomen und zum Präpositionalobjekt mit *über* weitergegeben werden.

Es ist an der Zeit, das Konstituentenprinzip aufzugeben. Es spiegelt die syntaktische Struktur nur indirekt. Wir ersetzen es durch die Relation zwischen Grundeinheiten (cum grano salis den Wörtern) und den Konstituenten, die in einer bestimmten Rolle zu dem betreffenden Wort stehen. Dies ist das Abhängigkeitsprinzip. Die dezentrierte Alternative zur Phrasenstrukturdarstellung in Abb. 13 sieht wie folgt aus:

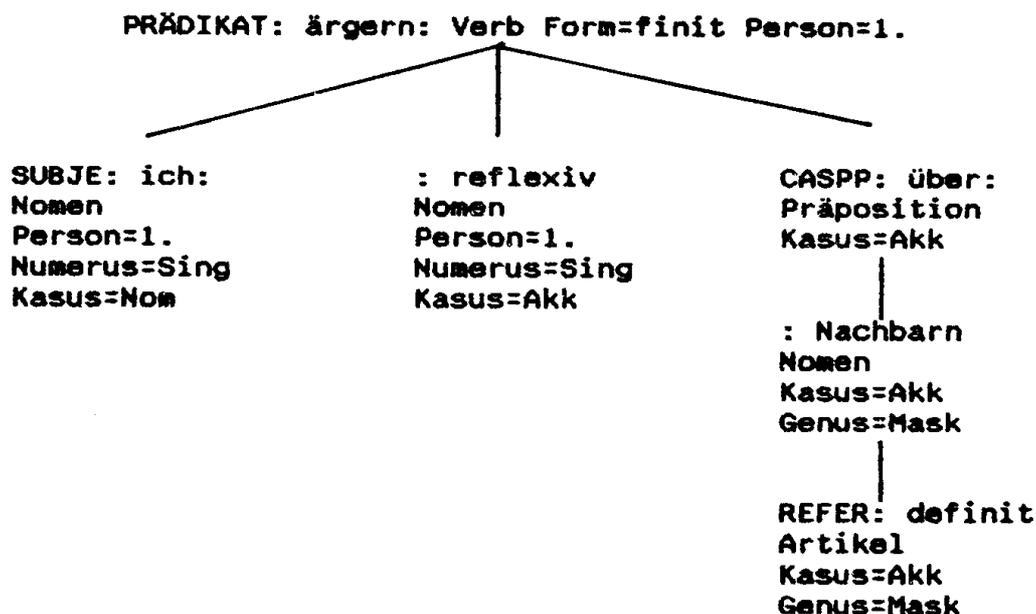


Abb. 15: Dependenzbaum

Jedes Element hat Teil an drei Dimensionen: Es hat eine lexikalische Bedeutung, eine syntagmatische Funktion und eine bestimmte morpho-syntaktische Form. Die lexikalische Bedeutung des Wortes *ärgere* in unserem Beispielsatz ist z.B. "ärgern", seine Funktion "Prädikat", seine Form "Verb, finit, 1. Person, Singular". Der Knoten, der das Wort *ärgere* im Dependenzbaum repräsentiert, hat dementsprechend eine dreifache Etikettierung.

Man beachte: Die Dependenzrelation besteht nicht, wie oft angenommen wird, zwischen Wörtern, sondern zwischen Wörtern und ihren Ergänzungen, die aus mehr oder weniger komplexen Phrasen bestehen können. Nur werden diese Phrasen im Dependenzbaum nicht durch eigene Knoten, sondern durch ihre interne Struktur dargestellt, die wiederum aus Wörtern und ihren Ergänzungen besteht. In Wirklichkeit sind also die Relationen im Dependenzbaum solche zwischen einzelnen (dominierenden) Knoten und ganzen (abhängigen) Teilbäumen.

Die Kombinationshäufigkeit der Grundelemente kann nicht durch herkömmliche Ersetzungs-Regeln, dargestellt werden, sondern durch Ergänzungsmuster. Diese entsprechen dem traditionellen Konzept der Leerstelle, das gegenwärtig auch unter dem etwas vagen Begriff *frame* Eingang in die Künstliche Intelligenzforschung gefunden hat. Die Muster für die Ergänzungen zu den Elementen in Abb. 15 sind die eingerahmten Teile in der folgenden Darstellung.

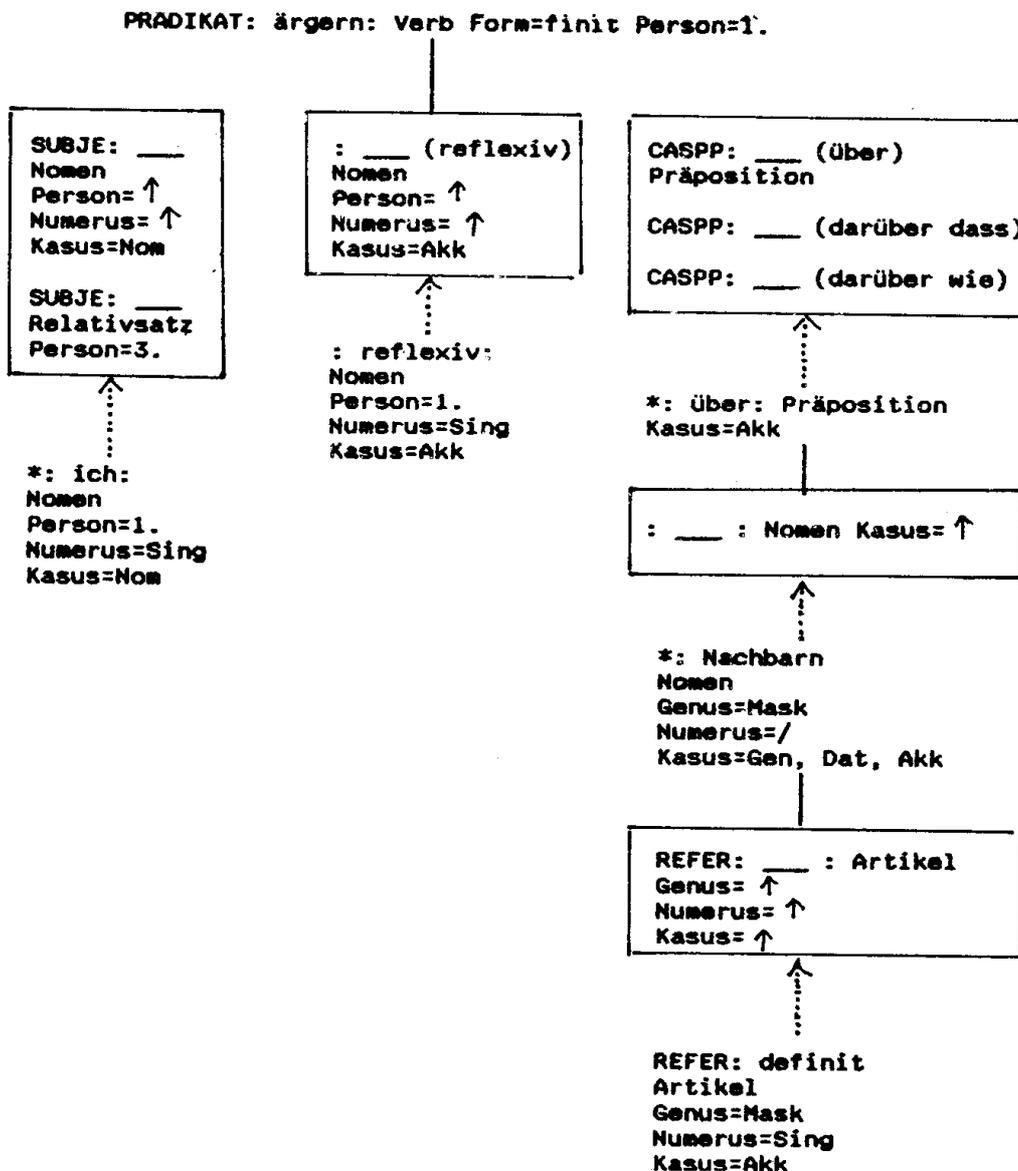


Abb. 16: Dependenzbaum mit Ergänzungsmustern

Auch diese Muster sind Lexem-Form-Funktionseinheiten. Alles, was dieselbe konkrete Funktion ausfüllt, bekommt dieselbe Rollenauszeichnung, hier SUBJE für den, der sich ärgert und CASPP für das, was ärgerlich ist. Für das Reflexivpronomen ist eine Rollenangabe überflüssig, denn es gehört fest zur lexikalischen Repräsentation dieser Version von *ärgern*. In derselben Rolle, also z.B. als Subjekt bzw. konkret in der Rolle des Sich-Ärgernden, kann aber morpho-syntaktisch sehr Unterschiedliches stehen, z. B. *ich* – *ärgere mich*, *der Bewohner im ersten Stock* – *ärgert sich*, *wer besonders ruhebedürftig ist* – *ärgert sich*. Das Präpositionalobjekt in der Rolle des Ärgerlichen kann formal ebenfalls unterschiedlich ausgefüllt werden, z.B. *ich ärgere mich* – *über den Nachbarn*, – *dar-*

rüber, daß es regnet, – darüber, wie sie mich behandelt. Diese möglichen Formen werden durch morpho-syntaktische Parameter beschrieben, wie wir sie oben für Unifikationsgrammatiken allgemein eingeführt haben.

In die Muster passen Elemente aus der Umgebung hinein, z.B. in die Muster zu *ärgern* das Pronomen *ich*, das Reflexivpronomen, und die Präposition *über* (als Stellvertreter für den von ihr selbst dominierten Teilbaum). Zur Präposition *über* gibt es ein Muster für die zugehörige Nominalphrase. Dahinein paßt *Nachbar*, welchem selbst wiederum eine Lehrstelle für einen Artikel zugeschrieben werden kann, dem hier das Lexem *definit* zukommt.

Ich übergehe hier eine formal allerdings entscheidende Innovation der dependentiellen Unifikationsgrammatik, nämlich die Behandlung der Wortstellung durch Positionsparameter, die zu den übrigen morpho-syntaktischen Merkmalen hinkommen müßten. Positionsparameter können miteinander unifiziert werden wie andere Parameter auch. Ein solcher Parameter würde z.B. erzwingen, daß *den* links von *Nachbarn* steht, das Reflexivpronomen vor der Präpositionalergänzung usf.

Morpho-syntaktisch gleiche Ergänzungen, wenn auch zum Teil in anderen Kombinationen, kommen bei vielen anderen Wörtern vor. Die Muster sind auch abstrakt genug formuliert, sodaß sie viele verschiedene Flexionsformen und deren Kongruenzen abdecken. Es liegt nahe, die Muster nur einmal zu erstellen und jedem Muster einen Namen zu geben. Mittels dieser Namen kann vom einzelnen Lexikonelement auf die entsprechenden Muster verwiesen werden.

Die Analyse eines Satzes mittels Computer funktioniert nun wie folgt: Zunächst werden zu jedem Wort das Lexem und die Kategorien im Lexikon nachgeschlagen. Dann werden die entsprechenden Muster den Elementen hinzugefügt. Das Ergebnis ist Abb. 16. Der Analysealgorithmus besteht dann einfach darin, daß jedes Element in seiner Umgebung eine Leerstelle sucht, in die es paßt. Für das Resultat wird wieder eine Leerstelle gesucht, und so fort. Von unten nach oben wird so ein Dependenzbaum aufgebaut, dessen Elemente den Wörtern entsprechen und der in vorliegenden Fall mit Abb. 15 identisch ist. Vor der Weiterverarbeitung werden die morpho-syntaktischen Kategorien entfernt. In dieser Form steht das Ergebnis zum semantischen Rechnen zur Verfügung.

PRÄDIKAT: ärgern
SUBJE: ich
: reflexiv
CASPP: über
: Nachbarn
REFER: definit

Abb. 17: Semantische Repräsentation

Wir haben gesehen, daß ein formales Grammatikmodell nicht unbedingt weit von der traditionellen Sprachwissenschaft entfernt sein muß. Dies erleichtert den zweiten Schritt, nämlich einen großen Ausschnitt der Einzelsprache tatsächlich zu beschreiben. Damit bin ich bei den praktischen Gründen für die Lexikalisierung.

Wissensrepräsentation ist heute ein Schlagwort der Künstlichen Intelligenz. Man erwartet von dieser Forschungsrichtung, daß sie die idealen Datenstrukturen für die Lösung aller möglichen Probleme anzubieten hat. In Wirklichkeit haben die verschiedenen Wissenschaften schon immer Wissen gesammelt und sich selbst Gedanken darüber gemacht, auf welche Weise sie es darbieten.

Eine häufig verwendete Darbietungsform ist das Lexikon, ein Nachschlagewerk, das aus einer geordneten Menge von Einträgen besteht, auf die direkt zugegriffen werden kann. Jeder Eintrag ist relativ abgeschlossen, sodaß er im Prinzip für sich verständlich ist. Querverweise in den Einträgen schaffen Verbindungen. Zusammen decken die Einträge ein Wissensgebiet ab.

Der Vorteil dieser Darbietungsform ist ein zweifacher. Einmal erleichtert sie die Wissensnutzung: Ein praktisches Informationsbedürfnis kann auf kürzestem Wege befriedigt werden, ohne daß das gesamte Gebiet studiert werden muß. Zum anderen erleichtert sie die Wissenssammlung. Wegen der relativen Selbständigkeit der Einträge haben Änderungen und Hinzufügungen wenig Nebeneffekte. Je komplexer ein Gegenstandsbereich ist, desto vorteilhafter ist daher diese Repräsentationsform. Dies gilt auch für den Computer. Sie entspricht dem Prinzip der Modularität in der Datenverarbeitung.

In der Sprachwissenschaft haben Wörterbücher eine lange Tradition. Zur Zeit erlebt die Lexikographie einen Aufschwung. Besonderes Interesse gilt den grammatischen Angaben im Wörterbuch, und da trifft es sich gut, daß die Grammatiktheorie ihrerseits zur Lexikalisierung tendiert.

Die Lexikalisierung eines Wissensgebiets ist aber nicht ohne weiteres möglich. Nicht jede Struktur kann in selbständige Einzelheiten zerlegt werden, die alle notwendige Information enthalten und zwischen denen einfache Verweise die Beziehungen stiften. Was die Grammatik betrifft, möchte ich mit den folgenden beiden Abbildungen noch einmal illustrieren, daß die Weichen zugunsten der Abhängigkeitsstruktur gestellt werden müssen. Zerlegen wir die Strukturbäume jeweils in Einheiten, bestehend aus einem übergeordneten Knoten und allen ihm untergeordneten Knoten, so erhalten wir im ersten Fall Teilbäume, die je einer Ersetzungsregel entsprechen.

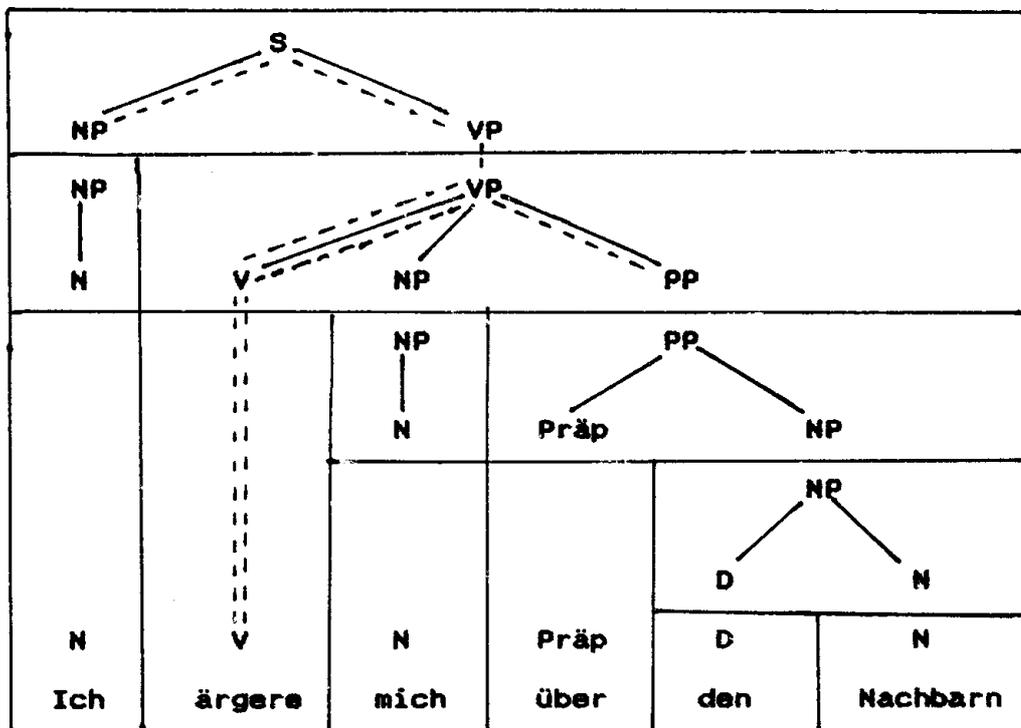


Abb. 18: Zerlegung des Phasenstrukturbaumes

Auch eine Menge von Ersetzungsregeln ist eine Art von Nachschlagwerk, allerdings entsprechen die Einträge nicht denen in Wörterbüchern. Im Falle der Dependenzgrammatik erhalten wir dagegen Einheiten, die den Lemmata im Wörterbuch zugeordnet werden können, nämlich *ärgern*, *ich*, *mich*, *über*, *Nachbar*, *den*.

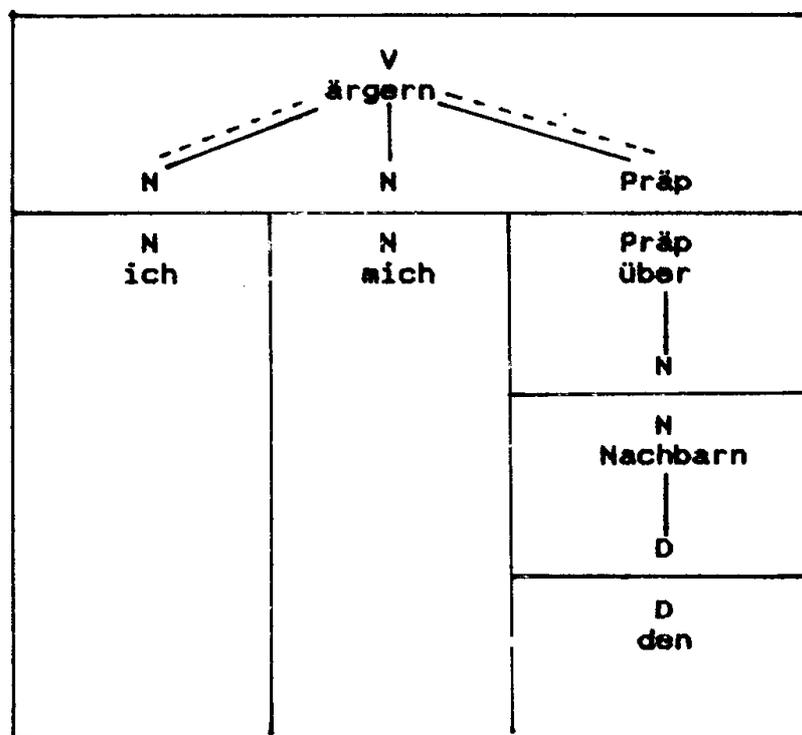


Abb. 19: Zerlegung des Dependenzbaumes

Zur Aufnahme der notwendigen Information über die syntagmatischen Funktionen ist die Zerlegung nach der Konstituentengrammatik in Abb. 18 aber ganz ungeeignet. Die gestrichelten Linien zeigen z.B. die Beziehungen zwischen dem Verb und den Konstituenten, deren Rollen es induziert. Wir müßten über mehrere Einheiten unseres Quasi-Nachschatzwerkes hinweg verweisen, wodurch die Unabhängigkeit der Einträge verlorn ginge.

Bei der Lexikalisierung nach der Dependenzgrammatik brauchen wir hingegen nur innerhalb der einzelnen Einträge die funktionale Information hinzuzufügen. Vergleiche die gestrichelten Linien in Abb. 19. Die Erfahrung hat gezeigt, daß sich im Dependenzformalismus die Angabe der Funktionen und Formen stets reibungslos parallelisieren läßt. Das ist bei Konstituentengrammatiken eben nicht der Fall.

These 2.3: *Die Syntax einer Sprache kann als eine Menge von Eigenschaften ihrer lexikalischen Elemente definiert werden. Zur Formalisierung dieser Sicht muß die Teil-Ganzes-Relation als Gliederungsprinzip aufgegeben und durch eine Beschreibung der unmittelbaren syntagmatischen Beziehungen zwischen Wörtern und Ergänzungen ersetzt werden. Nur bei einer solchen Lexikalisierung der Grammatik lassen sich große Sprachauschnitte bewältigen.*

3. Weichenstellungen für die Semantik

Ist semantisches Rechnen überhaupt möglich? Nun, wir haben gesehen, daß der Computer die drei Lesungen von *ärgern* aufgrund der verschiedenen Rollenstruktur auseinanderhalten kann. Auch das Verhältnis der drei Versionen zueinander ist formalisierbar, z.B. durch folgende Regeln.

$$\begin{aligned} \text{ärgern}_1 \text{ SUBJE:}x \text{ CASAK:}y \\ \leftrightarrow \text{ärgern}_2 \text{ reflexiv SUBJE:}y \text{ TRANS: } y \\ \text{ärgern}_3 \text{ SUBJE:}x \text{ TRANS:}y \\ \rightarrow \text{ärgern}_2 \text{ reflexiv SUBJE:}y \end{aligned}$$

Abb. 20: Zusammenhang verschiedener Lesungen von "ärgern"

Ich paraphrasiere: *x ärgert den y* ist äquivalent mit *y ärgert sich über x*. *Der x ärgert den y* impliziert *Der y ärgert sich*. Derartige Regeln auf aktuelle Sätze anzuwenden, ist ein einfacher Rechengang, so wie die Multiplikation am Anfang meines Vortrags. Man sieht hier übrigens, daß die funktionale Differenzierung der Ergänzungen für die Transformationen benötigt wird.

Lexikographische Bedeutungsumschreibungen lassen sich genauso formalisieren. Die Rechenregeln für Wahrigs Paraphrasen in Abb. 9 lauten u.a.:

$$\begin{aligned} \text{ärgern}_1 \text{ SUBJE:}x \text{ CASAK: } y \\ \rightarrow \text{Verdruß bereiten SUBJE:}x \text{ CASDAT: } y \\ \text{ärgern}_1 \text{ SUBJE:}x \text{ CASAK: } y \\ \rightarrow \text{ärgern}_2 \text{ reflexiv SUBJE:}y \text{ TRANS: } y \end{aligned}$$

Abb. 21: Formalisierung von Bedeutungsumschreibungen

Die Pläne für das semantische Rechnen sind aber ambitionierter. Man möchte z.B. sog. Expertensysteme konstruieren, welche über das Wissen einer Disziplin verfügen und in natürlicher Sprache auf beliebige Fragen Auskunft geben.

3.1. Weltwissensbasierte Systeme

Wissen über die Zusammenhänge im Objektbereich ist notwendig, um Äußerungen richtig zu interpretieren, etwa bei lexikalischer Homonymie: *Der Ball war der zweite der Saison* im Unterschied zu *Fritz trat den Ball ins Tor*. Oder bei der Interpretation der Rollen in der Wortbildung: ein Rosinenkuchen ist ein Kuchen mit Rosinen, ein Hundekuchen ist ein Kuchen für den Hund. Weltwissen wird eingesetzt beim Erfassen des syntaktischen Aufbaus eines Satzes wie *Gibt es ein Buch über die Kulturrevolution im Springer Verlag?* ebenso

wie bei der Herstellung des anaphorischen Bezug von *sie* in *Die Bauern verkauften ihre Kühe, denn sie gaben keine Milch mehr* und *Die Bauern verkauften ihre Kühe, denn sie brauchten Geld*. Schließlich hängt auch die Kohärenz eines Textes wie *Der Wagen springt nicht an. Die Zündkerzen sind verschmutzt* im Gegensatz zu *Der Wagen springt nicht an. Der Aschenbecher ist verschmutzt* vom Wissen über Zusammenhänge im Objektbereich ab.

Lassen sich diese Zusammenhänge auf Symbolmanipulationen reduzieren oder stoßen wir hier an die Grenzen des Computers? Auf jeden Fall muß das Weltwissen für den Computer verfügbar sein. Eine Wissensbasis ist daher auch Teil eines jeden sprachverstehenden Systems in der Künstlichen Intelligenzforschung.

Zunächst experimentierte man mit überschaubaren, kleinen Weltausschnitten. Bahnbrechend war Winograds SHRDLU, ein Roboter, mit dem man über eine Welt aus Bauklötzen einen Dialog führen konnte (Winograd 1972).

Pick up a big red block.

OK.

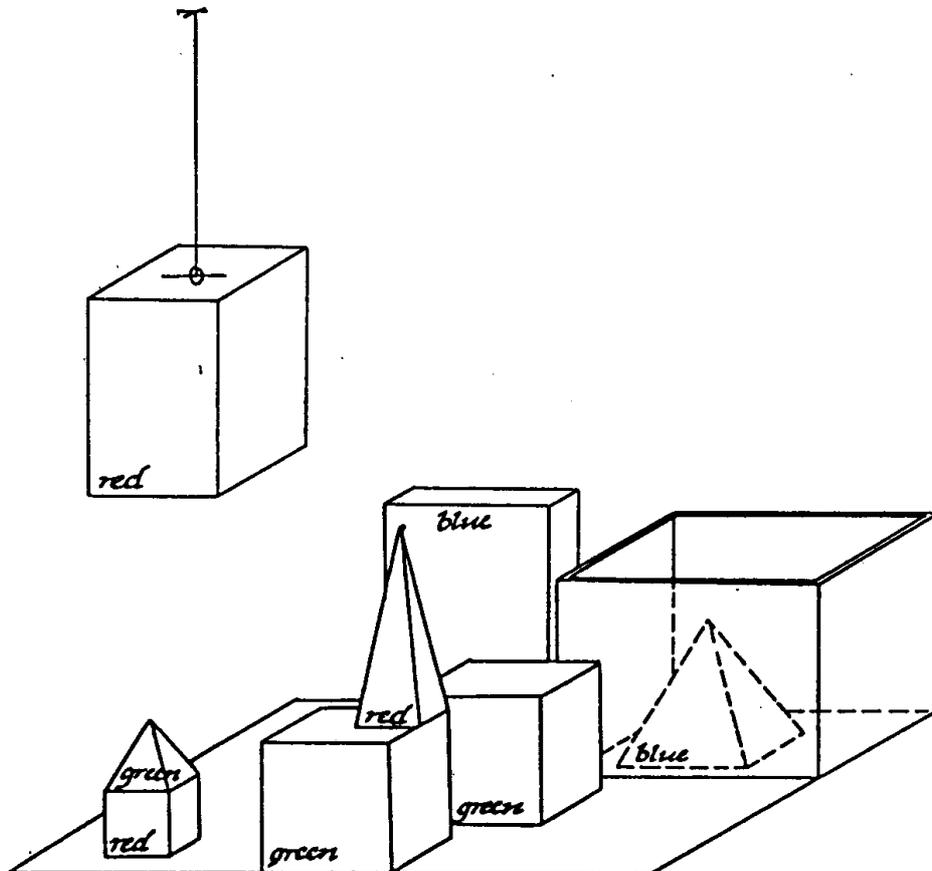


Abb. 22: Winograds Bauklotz-Welt

Seitdem wurden viele weitere Miniwelten betrachtet: Mondgestein im Projekt LUNAR, Abwasserproben beim Projekt PLIDIS, Intercityverbindungen im Projekt zur Erkennung gesprochener Sprache EVAR oder ein Wohnzimmer mit Schreibtisch im Projekt HAM-RPM.

Es gibt eine Diskussion über die geeignete Repräsentation des Weltwissens, wobei in der Künstlichen Intelligenz auch Spekulationen über die mentale Form der Repräsentation angestellt werden. Typisch ist die Darstellung als Netz von Gegenständen und Begriffen wie für das Wohnzimmer von HAM-RPM (von Hahn 1985, p. 72).

Eher skurril mutet die sogenannte Konzeptualisierung des Satzes *Peter würgte Maria* bei R.C. Schank an (vgl. Schank 1976).

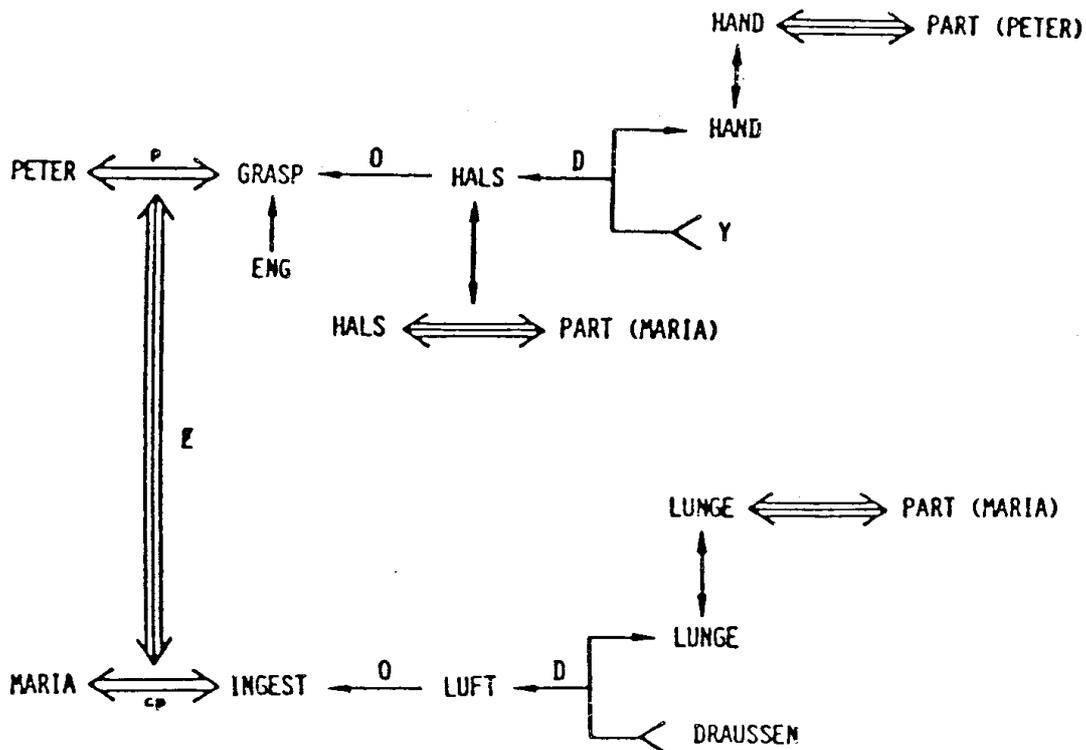


Abb. 24: Konzeptualisierung von "Peter würgte Maria"

Sie läuft auf folgende Paraphrase hinaus: Maria verleibt Maria Luft ein, und zwar von draußen in Marias Lunge. Peter greift mit Peters Hand eng um den Hals von Maria. Letzteres beendet ersteres.

Wie sollen diese Daten mit Sprache in Bezug gesetzt werden? Bei allen Unterschieden in den Details gibt es drei Verfahren:

1.) im Lexikon: Die Wörter werden mit Elementen im Begriffsnetz verknüpft, so schon bei Katz und Fodor 1964.

BALL₁ → (physischer Gegenstand) (kugelförmig)

BALL₂ → (gesellschaftliche Aktivität) (groß)
(Versammlung)

Abb. 25: Lexikoneinträge von Katz und Fodor

2.) in der Syntax: Für die syntaktischen Rollen werden nur Bezeichnungen von Gegenstände mit bestimmten Eigenschaften zugelassen, z.B. bei *treten* physischer Gegenstand, wozu nur noch *Ball₁* paßt.

TRETEN → <SUBJEKT: (menschlich) v (höheres Tier)>
 <OBJEKT: (physischer Gegenstand)>

Abb. 26: Selektionale Merkmale nach Katz und Fodor

3.) im Text: Der Textinhalt wird mit einer schematischen Welt Darstellung abgeglichen, mit einem sog. *frame*, wie hier für das Fußballspielen:

FUSSBALL SPIELEN
 HANDLUNG: treten
 HANDELNDER: zwei Mannschaften
 GEGENSTAND: Ball
 ZIEL: Tor

Abb. 27: Frame für das Fußballspiel

Bei allen drei Methoden wird ein Weltzustand direkt mit dem Sprachsystem kurzgeschlossen. Das führt dazu, daß man dem Computer kein Märchen eingeben kann, daß man keine fiktiven Welten beschreiben kann. Die Programmsysteme sind nur schwer auf andere Weltausschnitte umzustellen. Das kann aber sprachtheoretisch nicht richtig sein. Wir sind nicht auf vorgegebene Wissensbestände festgelegt. Eine der wesentlichsten Leistungen der Sprache liegt gerade darin, daß sie uns ermöglicht, neue Welten mit anderen Gesetzen zu beschreiben und Entwürfe für die Zukunft zu machen.

Zusammengefaßt:

These 3.1.: *Die Bedeutung von Äußerungen ist ohne Wissen über den aktuellen Objektbereich nicht vollständig zu erfassen. Computer, mit denen man semantisch rechnen will, müssen über Weltwissen verfügen. Die Bedeutungen der Sprachelemente dürfen jedoch nicht fest mit diesem Wissen verdrahtet werden, sondern müssen auf generelle Weise mit beliebig sich wandelnden Weltzuständen verbindbar sein.*

3.2. Syntaktische Grundlage des semantischen Rechnens

Theoretisch ist klar: Als Symbolmaschine kann der Computer Wissen nicht aus Erfahrung, sondern nur aus Beschreibungen schöpfen. Damit neues, sich wandelndes Wissen aufgenommen werden kann, müßte aber die feste Beziehung zwischen linguistischen Symbolen und Weltwissen gelöst werden. Damit stehen wir aber vor dem hermeneutischen Zirkel: Um Sprache zu verstehen braucht das System Wissen, um Wissen erwerben zu können, muß das System Sprache verstehen.

Ist das das Ende? Vielleicht noch nicht ganz. Es gibt nämlich zwei Sorten von Bedeutungen, die eine weltwissensbasiert, die andere nicht.

1.) Die Bedeutung von Ausdrücken, mit denen man Dinge in der Welt bezeichnet, sind notgedrungen mit Unterschieden im Objektbereich verknüpft. Bedeutungswissen und Wissen über Sachen und Sachverhalte ist hier nicht zu trennen. Um jemandem z.B. die Bedeutung von *Modem* zu erklären, muß man von Computern sprechen, davon, daß sie über Leitungen miteinander verbunden sind, und daß ein bestimmtes Gerät, eben ein Modem, die Signale, die über die Leitung geschickt werden, umwandelt. Gleichzeitig lernt man durch diese Erklärung etwas über die Welt und über einen Ausdruck.

2.) Aber nicht die gesamte Semantik ist so. Es gibt einen Kern von Sprachverstehen, der nicht wissensbasiert ist.

Kradunteln fidulen.
 Odif ist ein Kraduntel.
 Wer fidult, der krawantelt.

Krawantelt Odif?

Abb. 28: Logische Semantik

Sie wissen die Antwort, ohne zu wissen was Kradunteln, fidulen usw. ist. Man kann die unbekanntenen Ausdrücke gegen beliebige andere austauschen, die Frage bleibt lösbar. Nicht verändert werden darf die syntaktische Struktur, das *wer-der* und das *ist ein*. Diese Elemente nenne ich in Anlehnung an Hinst 1974 die logischen Konstituenten.

Logik ist ein klassisches Beispiel für Rechnen mit Sprache. Die Strategie vieler Projekte ist es, die natürlichsprachigen Eingaben in einen Logikkalkül zu übersetzen.

Dies hat den Nachteil, daß man die Logiksprache andauernd erweitern muß, weil die natürliche Sprache doch immer noch differenzierter ist. Jede Erweiterung eines Logikkalküls ist aber eine schwierige Aufgabe. Es ist das Schicksal vieler Projekte, die sich aufgemacht haben, eine Semantiksprache zu entwerfen, daß sie nie wieder zu ihrem Ausgangsziel, der Beschreibung der natürlichen Sprache zurückgekehrt sind.

Meine Hypothese ist: Letztlich hat jeder, auch der feinste syntaktische Unterschied in einer natürlichen Sprache eine semantische Auswirkung. Die Konstrukt-sprache, die restlos alle logisch-semantischen Unterschiede berücksichtigt, ist daher nichts anderes als die vollständige funktional-syntaktische Beschreibung der natürlichen Sprache selbst.

Oben habe ich einen Formalismus für eine solche Beschreibung skizziert. Ein klassisches Beispiel für das Folgern auf syntaktischer Basis sind die Syllogismen. Der meistzitierte Schluß ist der folgende:

Alle Menschen sind sterblich
Sokrates ist ein Mensch

Sokrates ist sterblich

Abb. 29: Aristotelischer Syllogismus

Reduziert auf die logischen Konstituenten und unter Verwendung von syntaktischen Rollen hat diese Schlußfigur folgendes Aussehen:

SUBJEKT: x QUANT: alle PRÄDIKAT: y
SUBJEKT: z PRÄDIKAT: ist ein x

SUBJEKT: z PRÄDIKAT: y

Abb. 30: Schlußfigur

Damit könnte man schon Berechnungen anstellen. Allerdings wäre das Aufsuchen passender Paare von Prämissen umständlich. Die Prämissen haben aber auch nicht den gleichen Status. Die erste Prämisse ist eine generelle Aussage. Sie drückt eine Gesetzmäßigkeit aus. Die Alten nannten sie die Majorprämisse. Die Majorprämisse ist sozusagen der Freibrief, bei Bedarf von der anderen Prämisse zur Konklusion überzugehen.

Majorprämissen, mit denen Gesetzmäßigkeiten formuliert werden, sind syntaktisch erkennbar, wenngleich sie vielfältige Formen haben können. Generische Sätze, Sätze mit Quantifizierungen, Sätze mit logischen Konjunktionen zählen dazu. Man kann nun den dreiteiligen Syllogismus in zwei aufeinanderfolgende Regeln aufteilen, eine, mit der aus der Majorprämisse eine Folgerungsregel erzeugt wird, und diese Folgerungsregel selbst, die das Muster abgibt für den Übergang von einer Minorprämisse zur Konklusion.

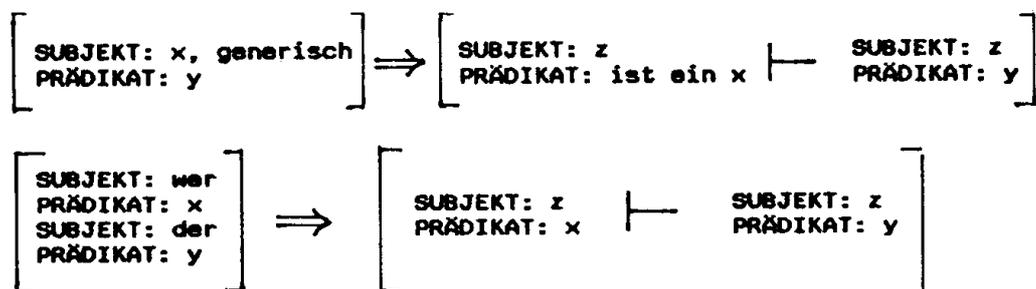


Abb. 31: Regeln zur Ableitung von Folgerungsregeln

Zum linken Teil der ersten Regel in Abb. 31 paßt syntaktisch der Satz *Kradunteln fidulen*. Mit entsprechender Bindung der Variablen lautet das Ergebnis der Anwendung dieser Regel: *z ist ein Kraduntel* \vdash *z fidult*. Dies ist eine Folgerungsregel, auf deren linken Teil der Satz *Odif ist ein Kraduntel* paßt, sodaß nach Maßgabe des rechten Teils *Odif fidult* abgeleitet werden kann. Analog kann mit der zweiten Regel in Abb. 31 aus *Wer fidult, der krawantelt* die Folgerungsregel *z fidult* \vdash *z krawantelt* erzeugt werden, mit deren Hilfe aus *Odif fidult* der Satz *Odif krawantelt* deduziert wird.

Der Vorteil des Verfahrens ist, daß für Sätze beliebiger syntaktischer Struktur Regeln geschrieben werden können, welche diese Sätze in ausführbare Folgeungsanweisungen umformen. Z.B. kann auch das Verhältnis zwischen quantifizierenden Adjektiven und Satzadverbien, wie es die folgenden Schlußfiguren illustrieren auf die gleiche Weise formalisiert werden.

Viele x tun y z ist ein x <hr style="width: 80%; margin: 5px auto;"/> z tut wahrscheinlich y	Manche x tun y z ist ein x <hr style="width: 80%; margin: 5px auto;"/> z tut möglicherweise y
--	---

Abb. 32: Schlußfiguren mit Adverbien des Gewißheitsgrades

Die Umwandlung einer generellen Aussage in eine Folgerungsregel ist eine rein linguistische Angelegenheit. Sie hat analytischen Status. Die generelle Aussage selbst und die aus ihr abgeleitete Folgerungsregel dagegen haben nur kontingenten Status. Sie können für wahr gehalten werden, oder auch nicht; sie können in bestimmten Welten gelten, in anderen nicht. Dies ist genau der Schlüssel zur Nachbildung der semantischen Offenheit der Sprache. Welten mit beliebigen Gesetzmäßigkeiten sind damit dem semantischen Rechnen zugänglich.

Die Folgerungs- und auch Disambiguierungsfähigkeit der Maschine hängt freilich davon ab, daß der Benutzer ihr laufend sein Verständnis von den Gesetzmäßigkeiten in seiner Welt eingibt. Die historisch-hermeneutische Beschränkung ist im Prinzip überwunden. Aber nicht durch die Maschine selbst, sondern durch den Benutzer.

Auch Bedeutungserklärungen können von außen eingegeben werden, denn sie haben syntaktisch ebenfalls die Form genereller Sätze. Theoretisch bedeutet das, daß die gesamte referentielle Semantik wandelbar und als sich mit dem Weltverständnis ändernd behandelt werden kann.

Die Zusammenfassung zu diesem Abschnitt lautet:

These 3.2: *Die Gültigkeit einer Schlußfigur läßt sich auf die Syntax von Prämissen und Konklusion reduzieren. Man kann daher Regeln schreiben, nach welchen der Computer aus eingegebenen Aussagen je nach ihrer syntaktischen Struktur Folgebeziehungen ableitet. Indem diese Aussagen sowohl Gesetzmäßig-*

keiten des Objektbereiches wie Bedeutungserklärungen enthalten, wird eine dynamische Verbindung zwischen sprachlichen Ausdrücken, Bedeutungen und Außenwelt geschaffen.

3.3. Pragmatische Dimension der Texte

Bevor ich schließe, möchte ich nur noch eine neue Hürde für das Rechnen mit Sprache erwähnen, weil sie für die Verwendung des Computers in den Textwissenschaften ein Problem darstellt (ausführlicher Hellwig 1984).

Texte sind nicht einfach größere syntaktisch-semantische Komplexe, sondern es kommt eine neue Dimension hinzu: die pragmatische. Betrachten wir die folgenden kurzen Texte.

- 1a. Der Wagen springt nicht an.
- 1b. Die Zündkerzen sind verschmutzt.
- 2a. Der Wagen springt nicht an.
- 2b. Fritz wird zu spät zum Dienst kommen.
- 3a. Der Wagen springt nicht an.
- 3b. Fritz wechselt die Zündkerzen.
- 4a. Der Wagen springt nicht an.
- 4b. Der Aschenbecher ist verschmutzt.

Abb. 33: Beispieltexte

Der Zusammenhang in diesen Texten ergibt sich teilweise aus dem Netz der Beziehungen zwischen den darin erwähnten Objekten in der Welt, u.a. den folgenden.

- 1. Autos haben Zündkerzen
- 2. Fritz ist der Besitzer des Wagens.
Fritz fährt mit dem Wagen zum Dienst.
- 3. Autos haben Zündkerzen.
- 4. Autos haben Aschenbecher.

Abb. 34: Kohäsion der Beispieltexte

Kohäsion allein ergibt aber noch keine akzeptablen Texte. Es kommt hinzu, daß die Folge der Äußerungen für den Leser pragmatisch einen Sinn machen muß. Es gibt viele Relationen im Objektbereich, aber es ist nicht sinnvoll, beliebige zum Gegenstand einer Äußerung zu machen, sondern nur solche, die für den Leser im gegebenen Kontext fraglich sein könnten. Das Aufkommen von Fragestellungen

und ihre Beantwortung macht die thematische Struktur des Textes aus und diese ist die Grundlage der Kohärenz. Für unsere Beispiele sind es in etwa die folgenden, wobei die Frage bei Text 1 bis 3 jeweils aufgrund von Satz a aufkommt und durch Satz b beantwortet wird, während die Äußerung von 4a und 4b kohärent wird, wenn vorab die Frage 4 besteht.

1. Was könnte der Grund sein?
2. Welche Folgen hat das?
3. Tut wer was dagegen?
4. Warum ist Fritz sauer?

Abb. 35: Kohärenz der Beispieltex

Das Problem für den Computer liegt darin, daß die Fragestellungen, von Überschriften einmal abgesehen, nicht explizit in den Texten stehen. Die Erschließung der thematischen Struktur ist aber eine der Voraussetzungen dafür, Texte automatisch zusammenzufassen oder Abstracts erzeugen zu lassen. Ob es gelingen wird, das Rechnen mit Sprache so weit zu treiben, ist eine der spannenden Fragen zukünftiger maschineller Sprachverarbeitung.

Zusammenfassend ist zu dieser letzten der Weichenstellungen zu sagen:

These 3.3: *Für eine befriedigende Texterschließung reicht die referenzielle Semantik nicht aus, sondern es muß auch die thematische Struktur der Texte berücksichtigt werden, welche eine Angelegenheit der Pragmatik ist.*

Anmerkungen

- 1 Ich empfehle die Dokumentation Andreadou 1986, die eine Marktübersicht über Programme für den Fremdsprachenunterricht, eine Bibliographie und die Adressen einschlägiger Verlage und Softwarehäuser sowie der wissenschaftlichen Institute enthält, die sich mit computerunterstütztem Sprachunterricht beschäftigen.

Literatur

- Andreadou, I.: *Software für den Fremdsprachenunterricht. Marktübersicht, Adressen, Bibliographie.* (Sprache und Computer 6). Hildesheim, 1986.
- Chomsky, N.: *Lectures on government and binding.* Dordrecht, 1981.
- Gazdar, G./Klein, E./Pullum, G.K./Sag, I.A.: *Generalized phrase structure grammar.* Oxford, Cambridge Ma., 1985.
- Hahn, Walther von: *Künstliche Intelligenz.* (SEL-Stiftungs-Reihe 2). SEL-Stiftung für technische und wirtschaftliche Kommunikationsforschung. Stuttgart, 1985.
- Hellwig, P.: *Formal-desambiguierte Repräsentation. Vorüberlegungen zur maschinellen Bedeutungsanalyse auf der Grundlage der Valenzidee.* Stuttgart, 1978.
- Hellwig, P.: "PLAIN – A program system for dependency analysis and inference". In Bolc, L. (ed.): *Representation and processing of natural language.* München, Wien, London, (1980), p. 271-376.

- Hellwig, P.: "Grundzüge einer Theorie des Textzusammenhanges". In: Rothkegel, A./Sandig, B. (eds.): *Text – Textsorten – Semantik. Linguistische Modelle und maschinelle Verfahren*. (Papiere zur Textlinguistik 52). Hamburg, 1984, p. 51-79.
- Hellwig, P.: Dependency unification grammar. In: *Proceedings of the 11th international conference on computational linguistics*. Bonn, 1986, p. 195-198.
- Hirst, P.: *Logische Propädeutik. Eine Einführung in die deduktive Methode und logische Sprachanalyse*. München, 1974.
- Kaplan, R.M./Bresnan, J.: "Lexical-functional grammar: A formal system for grammatical representation". In Bresnan, J.W. (ed.): *The mental representation of grammatical relations*. Cambridge Ma., 1982, p. 173-281.
- Katz, J.J./Fodor, J.A.: "The structure of a semantic theory". In: Fodor, J.A./Katz, J.J.: *The structure of language. Readings in the philosophy of language*. Englewood Cliffs N.J., 1964, p. 479-518.
- Kay, M.: "Parsing in functional unification grammar". In Dowty, D.R./Karttunen, L./Zwicky, A.M. (eds.): *Natural language parsing. Psychological, computational, and theoretical perspectives*. Cambridge, London, New York, 1985, p. 251-278.
- Pereira, F.C.N./Warren, D.H.D.: Definite clause grammars for language analysis – a survey of the formalism and a comparison with augmented transition networks. In: *Artificial Intelligence* 13 (1980), p. 213-278.
- Pollard, C./Sag, I.A.: *Information-based syntax and semantics*. (CSLI Lecture Notes, No. 12). Stanford: Center for the Study of Language and Information, 1987.
- Schank, R.C.: "Understanding natural language meaning and intention". In: Papp, F./Szépe, G. (eds.): *Papers in computational linguistics*. Budapest, 1976, p. 259-292.
- Uszkoreit, H.: "Categorial unification grammar". In: *Proceedings of the 11th international conference on computational linguistics*. Bonn, 1986, p. 187-194.
- Waltz, D.L.: "Künstliche Intelligenz". In: *Spektrum der Wissenschaft*, Dezember 1982, p. 68-82.
- Willée, G.: "Das Programmsystem LEMMA 2 – Eine Weiterentwicklung von LEMMA". In: *IKP-Arbeitsberichte, Abt. LDV, Nr. 2*, 1980.
- Winograd, T.: *Understanding Natural Language*. New York, 1972.