

Philosophie / Informatik / Sprachwissenschaft
Sekundarstufe II

Können Computer denken?

„Künstliche Intelligenz“ als Thema
für einen fächerübergreifenden Unterricht

Unterrichtsmodul 2: Schlüsselproblem Sprachverstehen

Amt für Schule
1996



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung

Können Computer denken?

„Künstliche Intelligenz“ als Thema
für einen fächerübergreifenden Unterricht

Unterrichtsmodul 2: Schlüsselproblem Sprachverstehen

Fachreferenten:	Dr. Uwe Heinrichs Ulrich Polzin	Amt für Schule S 13 Amt für Schule S 13/33
Verfasser:	Reinhard Golecki	Gymnasium Klosterschule
Hamburg, 1996		(PDF-Version März 2000)

Inhaltsverzeichnis

Unterrichtsmodul 2: Schlüsselproblem Sprachverstehen	5
Einführung	5
1 Wort-für-Wort-Übersetzungen	9
2 Syntax, Semantik, Pragmatik	15
3 Formale Systeme	19
4 Exkurs: Aussagenlogik	24
5 Formale Grammatiken	34
6 Automatische Syntaxanalyse: ein einfacher Parser	43
7 Maschinelle Übersetzung	52
8 Sprache, Denken, Welt	64
9 Sprechen ist Handeln	68
10 Formale Repräsentation der Semantik und Pragmatik	71
11 Kommunikation	78
Schlußbemerkung	91
Anhang	94
A Semantik und ihre formale Repräsentation	95
A.1 Zur Bedeutung von „Bedeutung“	95
A.1.1 Philosophie und Logik	99

A.1.2	Linguistik	111
A.1.3	Psychologie	119
A.1.4	Resümee	123
A.2	„Klassische“ KI-Semantik: Netze, Rahmen, Skripte	124
A.3	Kritische Einwände	130
A.4	Neuere Ansätze aus der Linguistik und Sprachphilosophie	134
A.4.1	Montague-Grammatik	135
A.4.2	Diskursrepräsentationstheorie	140
A.4.3	Situationssemantik	142
A.5	Offene Probleme der maschinellen Sprachverarbeitung	146
B	Literatur	152
B.1	Kommentierte Literaturhinweise	152
B.2	Literaturverzeichnis	156

Unterrichtsmodul 2

Schlüsselproblem Sprachverstehen

*Die Umgangssprache ist ein Teil des menschlichen Organismus
und nicht weniger kompliziert als dieser.*

Ludwig Wittgenstein

Einführung

Gibt es etwas, wodurch sich der Mensch von allen anderen Tieren unterscheidet, qualitativ und nicht bloß graduell, als besonderes Merkmal, nicht nur als einzigartige Verbindung und Kombination auch sonst anzutreffender? Mit einer positiven Antwort läuft man leicht Gefahr, sich zu blamieren, denn genauere Studien der Primaten haben gezeigt: Auch Tiere verhalten sich „intelligent“, sie können lernen, planen, Werkzeuge herstellen (auch auf „Vorrat“, zum späteren Gebrauch), erworbenes Wissen weitergeben, soziale und „politische“ Koalitionen bilden, inklusive List und Täuschung; es wird dann schwer, Begriffe wie „Denken“, „Bewußtsein“, „Selbstbewußtsein“ anders als graduell zu verwenden. Es gibt allerdings eine (bisher) recht unbestrittene Kandidatin für eine positive Antwort (und mit ihr stehen andere Anwärter wie Gestaltung der Umwelt, Moral, Religion, Wissen um den Tod, im engen Zusammenhang¹), die *Sprache*.

Was ist das Besondere der menschlichen Sprache? Nach BÜHLER gibt es drei wesentliche Leistungen der Sprache: Ausdruck, Appell und Darstellung. Über die beiden ersten verfügen auch die Kommunikationssysteme der Tiere: Angst- und Schmerzensschreie, Balz- und Warnrufe; eine Katze kann schnurren und so lange um die Beine streichen, bis man das Futter holt. Aber können Tiere etwas darstellen? Darstellungen können *analog* (etwa eine Skizze) oder *digital*² sein (z. B. die Buchstabenfolge r-o-s-e und die Wortfolge auf dieser Seite). Analoge Darstellungen kommen vereinzelt auch im Tierreich vor (z. B. der Bienenanz,

¹Und nicht zuletzt auch das Projekt der Aufklärung: „Das Interesse an Mündigkeit schwebt nicht bloß vor, es kann a priori eingesehen werden. Das, was uns aus Natur heraushebt, ist nämlich der einzige Sachverhalt, den wir seiner Natur nach kennen können: *die Sprache*. Mit ihrer Struktur ist Mündigkeit *für uns* gesetzt“ (Jürgen HABERMAS (1968), S. 163).

²Es werden *diskrete* (und für sich bedeutungslose) Elemente aus einer endlichen Menge (Phoneme, Buchstaben) zu bedeutungsvollen Einheiten kombiniert, die wiederum zu (potentiell unendlich vielen) neuen Einheiten kombiniert werden können. Eine solche Darstellung beruht nicht auf einer *Ähnlichkeit* mit dem Dargestellten, und bei ihr können schon kleine Änderungen der Komponenten oder ihrer Reihenfolge

durch den Art, Richtung und Entfernung einer Nahrungsquelle dargestellt werden), aber – und das ist die entscheidende These – „nur im menschlichen Bereich finden beide Kommunikationsformen Anwendung“³, und das heißt, „daß die menschlichen Sprachen Zeichensysteme und Verständigungsmittel *zugleich* sind.“⁴ Diese Verbindung pragmatischer und semantischer Aspekte mit einer *syntaktischen* Struktur, diese „diskrete Unendlichkeit bedeutungsvoller Ausdrücke“⁵ ist es, was die menschliche Sprache wohl grundsätzlich von der tierischen Kommunikation unterscheidet⁶ und was sie so leistungsfähig macht:

- es können Worte und Sätze gebildet werden, die nie vorher gebildet wurden und dennoch von anderen verstanden werden (Kreativität)
- Möglichkeit der Negation und damit auch der Beschreibung logischer Verhältnisse wie „wenn – dann“, „entweder – oder“
- Möglichkeit situationsunabhängiger und kontrafaktischer Beschreibungen, Unabhängigkeit der Kommunikation von Raum und Zeit und von bestimmten Reizen
- weitgehende Übertragbarkeit von einem Medium in ein anderes (Laute, Schriften, Gesten)
- Tradierung von Erfahrungen und Sichtweisen auch ohne persönlichen Kontakt, Lernen durch sprachliche Instruktionen
- die Sprache selbst kann Thema der Sprache sein

Ungeachtet strittiger (möglicherweise niemals klärbarer) Fragen nach der zeitlichen und logischen Priorität ist die menschliche Sprache dadurch so eng mit der Kulturentwicklung, der artspezifischen Intelligenz und dem Denken der Menschen verbunden, daß *Sprachverstehen* (d. h. im Geschriebenen oder Gesagten das Gemeinte erkennen) in vielerlei Hinsicht auch ein Schlüsselproblem für die KI und damit eine besonders interessante Zuspitzung der Frage „Können Computer denken?“ darstellt. Im Bereich der *kognitiven* KI, nach deren Selbstverständnis die Entwicklung „intelligenter“ Computer auch ein Beitrag zur Erforschung der Intelligenz- und Denkprozesse des Menschen ist, zeigt sich das nicht zuletzt in der nicht verebbenden Diskussion um die beiden zentralen Gedankenexperimente der KI, TURING-Test (vgl. im Unterrichtsmodul 1 den Abschnitt 3 und SEARLES „Chinesisch-Zimmer“ (vgl. die Abschnitte 5 und 6 vom Teil 2 dieser Heftreihe), die das Sprachverstehen jeweils in den Mittelpunkt stellen und mit denen Sinn und Erfolg dieses Unternehmens entweder be- oder widerlegt werden sollen.

große Unterschiede bewirken. Die Bedeutung der einzelnen Einheiten ist im gewissen Sinne willkürlich bzw. konventionell und kann sich ändern. Auf diesen Eigenschaften (Diskretheit, Dualität, Produktivität, Arbitrarität) beruhen wesentlich die Flexibilität, Vielseitigkeit und Effizienz der (menschlichen) Sprache (vgl. John LYONS (1983), S. 27–31).

³Paul WATZLAWICK, Janet H. BEAVIN & Don D. JACKSON (1969), S. 63.

⁴Claude HAGÈGE (1987), S. 109.

⁵Noam CHOMSKY (1981), S. 45.

⁶Dem widersprechen die bekannten Experimente, Menschenaffen z. B. die Taubstummensprache oder den Umgang mit unterschiedlich geformten und gefärbten abstrakten Symbolen beizubringen, nicht unbedingt. Erstens benutzen sie diese Zeichensysteme nicht untereinander (schon gar nicht in der Natur), zweitens sind die Ergebnisse widersprüchlich und kontrovers. Zwar zeigt sich ein gewisses *Symbolverständnis*, aber für die (über unmittelbare Bedürfnisse und Reize hinausgehende) *Mitteilung von Sachverhalten* und das Verständnis für eine *Syntax* scheint es unüberwindbare Grenzen zu geben. Möglicherweise zeigt sich aber auch hier, daß uns unsere nächsten Verwandten näher sind als wir denken und daß auch Sprachbeherrschung nur ein gradueller Unterschied ist.

Aber auch in der *technischen* KI, deren Ansprüche einerseits niedriger (es soll eine bestimmte Leistung maschinell erbracht werden, egal ob der Mensch das auch so macht), andererseits aber auch höher sind (es sollen marktreife Produkte entwickelt werden), spielen „Natürlichsprachliche Systeme“ eine große Rolle: als Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, als Erklärungskomponente bei Expertensystemen, bei „interaktiven Medien“ zum Aufbau von „Benutzermodellen“ (welche Vorkenntnisse, Eigenschaften, Interessen hat vermutlich der jeweilige Anwender?), bei Auskunft- und Dialogsystemen, bei der Datenbankrecherche, zur automatischen Text- und Spracherfassung usw. usf. (vgl. den Abschnitt 3.2 vom Teil 1 dieser Heftreihe).

Im Anwendungsbereich besteht insbesondere ein großer Bedarf an maschineller Übersetzung (z. B. technische Dokumentationen, Handbücher, Amtssprachen der EU). Der Versuch der Realisierung – ermuntert durch die großen Erfolge maschineller Entschlüsselung von Geheimcodes (ENIGMA) – war in den fünfziger und sechziger Jahren das erste grandiose Scheitern der maschinellen Sprachverarbeitung. Es wurde entdeckt, wie unzulänglich Ansätze an der „Oberfläche“ von Sprachen sind, welche große Bedeutung das syntaktische, semantische und pragmatische Wissen und Können der an der Kommunikation Beteiligten z. B. bei der kaum bewußten Behandlung von Mehrdeutigkeiten ist, und wie schwer es ist, diesen Hintergrund explizit zu machen und zu formalisieren.

Zusammen mit ähnlichen Problemen in anderen Anwendungsbereichen führte das dazu, daß die „Repräsentation von Wissen“ und das formale Operieren darauf zu einem Forschungsschwerpunkt der KI wurden, aber auch zur wesentlichen Quelle der grundsätzlichen Einwände und Kritiken am Vorhaben der KI. Wenn die Kritiker recht haben, sind damit der KI grundsätzliche Grenzen gesetzt. Es führte aber auch dazu, daß diese Kritiker gezwungen waren, sehr viel genauer darüber nachzudenken, was sie denn z. B. mit „Verstehen“ meinen, wenn sie diese Fähigkeit Maschinen absprechen. Gerade die Schwierigkeiten (und Erfolge) der KI mit der Sprache waren auch Quelle für viele Impulse in Richtung Linguistik, Philosophie, Psychologie und Biologie (und damit ein Beitrag zum Selbstverständnis des Menschen).⁷

Die Sprache ist untrennbar mit dem Denken und unserer Lebenspraxis verbunden, sie ist „sozialer Kitt“, Medium der Information, Kommunikation und Kunst, und sie ist, z. B. bei der Programmierung eines Computers, auch Instrument. Das alles – und die in den Medien und damit bei den Schülerinnen und Schülern vorhandene Überschätzung der Fähigkeiten von Computern bei der Verarbeitung natürlicher Sprache (vgl. im Unterrichtsmodul 1 den Abschnitt 2 und den Abschnitt 2 von Teil 1) – sind gute Gründe dafür, *im Spiegel* des Computers über die Bedeutung der Sprachfähigkeit des Menschen und ihren Beitrag zu unserem Zusammenleben bis hin zu unserer Konstruktion von Wirklichkeit, aber auch über die Auswirkungen der Nutzung des Computers *als Medium*, in einem fächerübergreifenden Philosophie- und Informatikunterricht nachzudenken (mit einer zusätzlichen Einladung an die Fächer Deutsch und Fremdsprachen).

Sprachverstehen hat für den einführenden Unterricht gegenüber anderen Beispielen für KI-Anwendungen (z. B. Expertensysteme, Bildverarbeitung, Robotik) eine Reihe von Vorteilen. Die Relevanz ist ohne weiteres klar, gewisse Grundideen lassen sich ohne größeren Aufwand verwirklichen und die Schülerinnen und Schüler sind selbst Experten, d. h. die

⁷Howard GARDNER (1989, S. 402) nennt das das „Paradox der Computerwissenschaft“: „nur weil sie die Vorgaben des Computers ganz minutiös befolgten, konnten die Wissenschaftler entdecken, worin sich Menschen von dem sequentiell arbeitenden Digitalcomputer *unterscheiden*“.

geforderte Leistung ist wohlvertraut. Letzteres ist allerdings auch ein Problem: wir beherrschen unsere Muttersprache so gut, daß wir auf die zugrundeliegenden Prozesse und Fähigkeiten kaum achten und wenig über sie wissen. Deshalb ist gerade die Zuspitzung auf das Thema maschinelles *Übersetzen* durch die weniger vertraute Fremdsprache gut dafür geeignet, die zur Reflexion nötige Distanz herzustellen – was den Ausschlag dafür gab, dieses Thema in den Mittelpunkt des Unterrichtsmoduls zu stellen und an ihm schrittweise zentrale Aspekte der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache zu entfalten.

Nach einer handlungsorientierten und spielerischen Einführung, in der die vielfachen Unzulänglichkeiten einfachster Übersetzungsprogramme deutlich wurden (Abschnitt 1), und der Bereitstellung einiger Grundbegriffe (Abschnitte 2, 3 und 5) wurde die maschinelle Syntaxanalyse an einfachen Beispielen praktisch erprobt (Abschnitt 6) und die Arbeitsweise, Leistungen und Grenzen großer kommerzieller Systeme vorgestellt (Abschnitt 7). Solche Systeme arbeiten im wesentlichen mit den bis zu diesem Abschnitt vorgestellten Mitteln, d. h. mit nur minimaler Berücksichtigung semantischer und pragmatischer Aspekte der Sprache und mit höchstens geringfügigen Repräsentationen von Alltags- und Weltwissen. Für die Entwicklung der KI bedeutsame Versuche, auch diese Bereiche zu formalisieren und für die maschinelle Sprachverarbeitung nutzbar zu machen, wurden dann im Abschnitt 10 an einfachen Beispielen vorgestellt und diskutiert, nachdem vorher diese und weitere Facetten und Funktionen der menschlichen Sprache verdeutlicht wurden: die sprachliche Erschließung der Welt (Abschnitt 8) und der Reichtum an ganz unterschiedlichen, nicht nur beschreibenden, Sprechakten (Abschnitt 9). Den Abschluß bildeten die kommunikativen Aspekte der Sprache und die damit verbundenen Anforderungen an die Teilnehmer. Thematisiert wurde dabei auch die Rolle des Computers als Kommunikations*medium* im Unterschied zu einem Kommunikations*partner*.

Bei einem so komplexen und mit so vielen Disziplinen verbundenen Thema sind sicherlich auch ganz andere Schwerpunkte möglich und sinnvoll.⁸ Um solche eigenen Akzente bei der unterrichtlichen Umsetzung zu erleichtern, habe ich, so gut ich es konnte, bei den Kommentaren zu den Unterrichtsskizzen auch Probleme und Zusammenhänge angesprochen, die nicht im Unterricht behandelt wurden (für den thematisch zentralen Abschnitt 10 siehe dazu auch das Kapitel A im Anhang). Der Exkurs zur Aussagenlogik (Abschnitt 4) ist für den Unterrichtsgang nicht unbedingt nötig, aber hilfreich.

Zu diesem Unterrichtsmodul gibt es viele weitere Themen, an die man anknüpfen bzw. mit denen man anschließen kann. Aus dem Bereich des Informatikunterrichts sind das beispielsweise Textverarbeitung (Korrekturhilfen für Rechtschreibung und Grammatik), Maschinensprachen, Compilerbau, Formelanalyse, Suchstrategien (Backtracking etc.), bei der Philosophie gibt es vielfältige Berührungspunkte (mit möglichen Schwerpunkten in allen Fragedimensionen und Gegenstandsbereichen) zur Anthropologie, Sprachphilosophie und Erkenntnistheorie (und vielleicht ist dieses Unterrichtsmodul auch ein Baustein zu einem Profil „Sprache“ oder „Kommunikation“ oder für „Kompetenzkurse“ im Bereich Deutsch).

Unterrichtliche Voraussetzung ist die elementare Beherrschung einer Programmiersprache, die Kenntnis des Algorithmusbegriffes ist wünschenswert. Der Zeitbedarf beträgt ca. 45 Stunden.

⁸Vgl. z. B. Rüdiger BAUMANN (1995), Jochen LESSMANN (1995), Wilmar STEUP (1995, 1996) und Matthias TICHY (1996).

1 Wort-für-Wort-Übersetzungen

Unterrichtsskizze

Ausgangspunkt bei diesem Unterrichtselement war die Entwicklung eines sehr einfachen Übersetzungsprogramms. Im Informatikunterricht war vorher das Verschlüsseln von Texten Unterrichtsthema. Dabei wurde auch ein kleines Programm entwickelt, durch das in einem Satz Buchstaben durch einen festgelegten „Partner“ ersetzt werden. Die Schülerinnen und Schüler bekamen nun den Auftrag, dieses Programm so umzuarbeiten, daß in einem Satz deutsche Wörter durch englische Partner ersetzt werden. Da schnell klar wurde, daß dabei, anders als beim Verschlüsseln, nicht alle möglichen oder auch nur sinnvollen Benutzereingaben entsprechend bearbeitet werden können, wurde nach kurzer Diskussion beschlossen, deutsche Worte, die nicht im programmeigenen Lexikon vorhanden sind, unübersetzt wieder auszugeben. Je nach Lexikon wurde so beispielsweise „Die Katze ist schwarz“ umgewandelt in „THE CAT IS BLACK“, „Hubert ist blau“ in „HUBERT IS DRUNKEN“ und „Ich weiß es nicht“ in „I WHITE IT NOT“.

Bei der Diskussion der möglichen Erweiterungen hin zu einem brauchbaren Übersetzungswerkzeug und der prinzipiellen Grenzen eines solchen Programmes wurden von den Schülerinnen und Schülern folgende Punkte genannt:

- das Lexikon müßte sehr viel größer sein;
- es müßte auch die passenden Konjugations- und Deklinationsformen enthalten;
- das Programm müßte auch die Regeln der Grammatik (z. B. über die Wortstellung im Satz) berücksichtigen.

Um zumindest den beiden ersten Punkten Rechnung zu tragen, ohne sehr viel Zeit damit verwenden zu müssen, ein sehr großes Lexikon ins Programm einzuarbeiten, wurde im zweiten Schritt die Funktionsweise des Programmes durch die Kursteilnehmer simuliert. Dazu erhielten sie teils englische, teils deutsche Texte, die in Kleingruppenarbeit mit Hilfe eines Lexikons in die jeweils andere Sprache übersetzt wurden (siehe Kasten; vgl. auch den Kasten auf S. 60).

Dabei waren einige Regeln zu beachten, um die Arbeitsweise des Programmes so getreu wie möglich zu imitieren: Wenn im Lexikon mehrere Bedeutungen angeführt werden, wird immer die erste genommen (Fiktion: unser Lexikon im Programm hat nur jeweils einen Eintrag, so wie das Programm arbeitet, kann keine sinnvolle Entscheidung zwischen verschiedenen Bedeutungen getroffen werden), Wörter, die nicht im Lexikon enthalten sind (z. B. Eigennamen) bleiben unübersetzt und deklinierte und konjugierte Formen werden durch entsprechende ersetzt (Fiktion: anders als im tatsächlich benutzten Lexikon sind auch diese Formen – wie z. B. in Lexika für die Rechtschreibkorrektur in Textverarbeitungsprogrammen – als eigenes Stichwort alphabetisch geordnet aufgeführt).⁹ Anschließend wurden die

⁹Die letzte Regel kann in einen gewissen Widerspruch zur ersten Regel geraten, z. B. müßte bei „Macht“ oder „Taste“ *vorher* entschieden werden, ob entweder die Verbform oder das Substantiv als „Partner“ im Lexikon eingetragen wird. Interessant sind übrigens auch die Ergebnisse, wenn von den Gruppen unterschiedliche Lexika verwendet werden.

Übersetzungen ausgetauscht (mit einer Gruppe der jeweils anderen Sprachrichtung), auf Verständlichkeit geprüft und verglichen.

Durch die Ergebnisse dieser Unterrichtsphase (Kostproben: „*Power the thing something easier, still*“ für „*Macht die Sache etwas einfacher, immerhin*“, „*Edith wußte er hatte nicht geleert der Brust von Zeichnern*“ für „*Edith knew he hadn't emptied the chest of drawers*“) wurde die ungeheure Mehrdeutigkeit der Sprache deutlich, die uns normalerweise kaum auffällt.

Das Wort-für-Wort Übersetzungsspiel

Spielregel: die folgenden Sätze sollen Wort für Wort ins Englische bzw. ins Deutsche übersetzt werden. Finden sich im Wörterbuch mehrere Bedeutungen, soll die erste gewählt werden, nicht aber eine, die im Zusammenhang am besten paßt (diese Entscheidung könnte unser Programm nicht treffen). Wörter, die nicht im Lexikon stehen, werden durch drei Fragezeichen ersetzt.

Sprachkenntnisse dürfen nur verwendet werden, um zu gebeugten Formen die Grundform zu finden. Solche Wörter werden durch die gleiche Form (z. B. 3. Person Singular Futur oder Genitiv Plural) ersetzt. Die übersetzten Texte werden von einer anderen Gruppe wieder zurückübersetzt und anschließend mit dem Original verglichen. Viel Spaß!

Version Deutsch–englisch

„Sie hatte keine Geschwister“, sagte Coleman. „Macht die Sache etwas einfacher, immerhin.“ Ray schritt neben ihm her, den bloßen Kopf gesenkt, die Hände tief in den Manteltaschen vergraben. Er schauerte zusammen. Die Nachtluft in Rom war beißend kalt, man spürte den nahenden Winter. Es machte die Sache nicht einfacher, dachte er, daß sie keine Geschwister gehabt hatte. Für Coleman doch gewiß nicht. Die Straße war dunkel; er hob den Kopf und suchte den Straßennamen, fand ihn aber nicht. „Wohin gehen wir eigentlich?“ fragte er.

(aus: Patricia HIGHSMITH, *Venedig kann sehr kalt sein*)

Version Englisch–deutsch

“Cliffie?” Edith called. “Have you got those drawers emptied yet?” A long wait, as usual, before he answered. “Yes.” His tone was feeble. Edith knew he hadn't emptied the chest of drawers, though he had said he wanted to do it himself, so she went into his room – whose door was open – and with a cheerful air began to do it for him. Cliffie was upset about the move, Edith knew, though he'd seen the house and loved it and in a way was looking forward. “Can't get much done if you sit reading comic books,” Edith said.

(aus: Patricia HIGHSMITH, *Edith's Diary*)

Das wurde an weiteren Beispielen illustriert. Eine Auswahl:

- *Our store sells alligator shoes.*
Our store sells horse shoes.
- *The principal thing in his life was the love of women.*

- *The duck was ready to eat.*
- *Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil er hungrig war.*
Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil er billig war.
- *Wie gehen Sie um mit Menschen, die Sie unsympathisch finden?*

In der anschließenden Diskussion wurde herausgestellt, daß wir kraft unseres (sprachlichen, Welt- und Situations-) *Wissens* in Bruchteilen von Sekunden die dem Kontext angemessene, richtige Bedeutung auswählen (meist ohne daß uns das überhaupt bewußt wird) und daß diese vielfältigen Ambiguitäten der Sprache *das* Hauptproblem beim maschinellen Sprachverstehen und Übersetzen sind.

Kommentar

Der Übergang von einem (De-) Chiffrierprogramm zum automatischen Übersetzen mag aus heutiger Sicht wenig angemessen erscheinen, folgt aber dem historischen Vorbild. Ermutigt durch große Erfolge bei der computergestützten Entschlüsselung von Geheimcodes (z. B. ENIGMA) und wohl auch durch eine recht naive Sicht der Sprache schlug der Mathematiker Warren WEAVER¹⁰ 1947 in einem Rundschreiben an handverlesene Kollegen das Projekt einer maschinellen Übersetzung mit den Worten vor:

Man fragt sich natürlich, ob es sich beim Übersetzungsproblem nicht möglicherweise um ein kryptographisches Problem handelt. Wenn ich mir einen Artikel in Russisch betrachte, sage ich: „Dies ist eigentlich Englisch, nur wurde es in fremden Symbolen kodiert. Diese werde ich nun dekodieren.“¹¹

Gemäß der damals vorherrschenden linguistischen Theorie ging man davon aus, „daß Morpheme oder allerhöchstens Wörter die sinntragenden Einheiten einer Sprache seien.“¹² Man konzentrierte sich auf das Erstellen und effektive Durchsuchen großer Wörterbücher und glaubte, mit wenigen Faustregeln zur Grammatik (Flexion, Wortstellung) auszukommen.¹³ Zwar dachte man nicht wirklich, daß zwischen Ausgangs- und Zieltext – wie beim

¹⁰Er ist zusammen mit Claude E. SHANNON Autor von *The Mathematical Theory of Communication* (1949) und weiterer Arbeiten, die sich mit der Zuverlässigkeit und Optimierung von Signalübertragungen in technischen Kanälen (Kapazität, Rauschen, Verzerrungen usw.) befassen. Dabei spielen die Quantifizierung von „Information“ (im Sinne von Signalreihen, d. h. unter Absehen von der Bedeutung), statistische Analysen, „Codieren“ und „Decodieren“ bei „Sender“ und „Empfänger“ usw. eine große Rolle (und das zugrundeliegende Modell wird noch heute gelegentlich als relevant für eine auch in semantischer und pragmatischer Hinsicht forschende Informations- oder Kommunikationstheorie mißverstanden; für viele Beispiele aus dem Bereich der KI und einer ausführlichen Kritik daran vgl. Nils LENKE (1991), S. 13 ff.).

¹¹WEAVER, W., Translation. In: William N. LOCKE & A. Donald BOOTH (Hrsg.), *Machine Translation of Languages*, New York: Wiley, 1955, S. 15–23. Zitiert nach David CRYSTAL (1993), S. 350. Vgl. auch Gero von RANDOW (1991), S. 27 und – für weitere Annahmen WEAVERS und deren Diskussion – Mortimer TAUBE (1966), S. 24 ff.

¹²Thomas SCHNEIDER (1988a), S. 35, (1988b), S. 61.

¹³T. SCHNEIDER (1988a, S. 35, 1990, S. 123) illustriert die Übersetzungsqualität dieser Arbeitsweise durch folgende Beispiele: „Tritt ein Fehler auf, kann er gleich bestimmt werden“ wird schlimmstenfalls übersetzt zu „Step stool on vice open, permitted it level firm grow“ (rückübersetzt: „Stehleiter auf Laster offen, erlaubt es eben fest zu wachsen“) und „Zum Speichern häufig gebrauchter Texte wird ein Band verwendet“ zu „In the direction of numerous second-hand texts grows on ribbon spends“ (rückübersetzt „In Richtung auf viele Texte aus zweiter Hand wächst auf Girlande gibt aus“).

Codieren – eine eindeutige Beziehung (Isomorphie) besteht, aber die Arbeit war durch die stillschweigende Annahme bestimmt, einer solchen Isomorphie durch geschicktes „Decodieren“ und durch vermindertes „Rauschen“ zumindest recht nahe zu kommen.¹⁴ Bei mehrdeutigen Wörtern sollte durch eine „statistische Analyse“ zwischen den unterschiedlichen Bedeutungen entschieden werden, d. h. die Wahl sollte z. B. danach getroffen werden, welche anderen Wörter in einer bestimmten Umgebung des Wortes stehen (ähnlich wie beim Decodieren statistische Analysen über Häufigkeiten von Buchstaben und Buchstabenkombinationen benutzt werden).¹⁵ Aus heutiger Sicht ist die Vorstellung frappierend, zu glauben, daß Texte übersetzt werden können, ohne sie auch nur im Ansatz zu *verstehen*, aber die Arbeiten entsprachen dem wissenschaftlichen Zeitgeist, und da das Pentagon und die CIA großen Bedarf an schnellen und umfassenden Übersetzungen russischer Texte hatten, wurden die Bemühungen mit einigen Millionen Dollar jährlich gefördert.

Die Programme lieferten trotz großer Anstrengungen miserable Übersetzungen, und nach einiger Zeit wich die Euphorie der Ernüchterung. Yehoshua BAR-HILLEL, selbst Pionier der automatischen Übersetzung, brachte die Probleme mit seinem ebenso schlichten wie mittlerweile berühmten Beispiel auf den Punkt:

... weder gegenwärtig noch in naher Zukunft ist mit einer völlig automatischen Prozedur zu rechnen, die die augenblicklich existierenden Computer in Stand setzen würde, in Sätzen wie „*The pen is in the box*“ [Der Federhalter ist in der Schachtel] und „*The box is in the pen*“ [Die Schachtel ist im Laufstall] die Mehrdeutigkeit des Wortes „*pen*“ aus dem gleichen Zusammenhang heraus zu erklären, der einem menschlichen Leser (oder Übersetzer) eine unmittelbare und unzweideutige Lösung des Problems ermöglichen würde.¹⁶

Wir können die richtige Lesart sofort erkennen, z. B. durch unser Wissen über Größenverhältnisse (aber auch das ist diffizil und kontextabhängig, z. B. wenn der Satz „*The box is in the pen*“ in einem James-Bond-Film vorkommt). Man müßte solches Wissen mit ins Programm aufnehmen, aber wenn „man einen solchen Vorschlag ernstnimmt, läuft er auf die Forderung hinaus, daß eine Übersetzungsmaschine nicht nur mit einem Wörterbuch ausgestattet werden sollte, sondern auch mit einer Universalenzyklopädie. Dies ist zweifellos völlig illusorisch und bedarf wohl kaum einer weiteren Diskussion.“¹⁷ BAR-HILLEL kommt

¹⁴Vgl. TAUBE (1966), S. 31.

¹⁵John HAUGELAND (1987, S. 151 f.) diskutiert die (sehr schlechten) Erfolgsaussichten dieser Methode am Beispiel der Wahl zwischen „Klage“, „Farbe“ oder „Anzug“ für „suit“.

Andererseits gilt möglicherweise auch hier, daß Totgesagte länger leben: „Es gibt bei der IBM ernsthafte und erfolgversprechende Versuche, Übersetzung als Textzuordnung auf der Grundlage von stochastischen Modellen zu versuchen! Die grob vorstrukturierten Modelle werden dann aus den Daten sehr großer zweisprachiger Korpora (z. Zt. kanadische Parlamentsreden) errechnet. So viel ich weiß, hat der Prototyp bei den regelmäßigen DARPA-Evaluationen bisher auch nicht schlechter abgeschnitten als die ‚klassischen‘ Ansätze. Dies liegt vor allem daran, daß durch die Ausnutzung der Korpusinformation und die Generalisierungsfähigkeit der stochastischen Modelle die extreme Anfälligkeit gegen Detail-Fehler in den Grammatiken, Wörterbüchern und Regelsystemen entfällt“ (persönliche Mitteilung von Wolfgang MENZEL, Universität Hamburg, Arbeitsbereich Natürlichsprachliche Systeme). Vgl. dazu auch D. ARNOLD, L. BALKAN, R. LEE HUMPHREYS, S. MEIJER & L. SADLER (1994), S. 201 ff., und W. John HUTCHINS & Harold L. SOMERS (1992), S. 320 ff.

¹⁶Y. BAR-HILLEL, *Current Research and Development in Scientific Documentation*. Washington, National Science Foundation 1959, Nr. 5, S. 64. Zitiert nach TAUBE (1966), S. 32 f.

¹⁷Y. BAR-HILLEL, *The Present Status of Automatic Translation of Languages*. In: F. L. ALT (Hrsg.), *Advances in Computers*, Bd. 1, New York 1960, Academic Press. Zitiert nach J. HAUGELAND (1987), S. 153.

zu dem Schluß, daß FAHQMT (*fully automatic high quality mechanical translation*) nur dann möglich ist, wenn lernende Maschinen „gebaut und Programme für sie geschrieben werden können, die diesen Maschinen quasimenschliche Intelligenz, Erkenntnisvermögen und Kenntnisreichtum verleihen.“¹⁸ Mit anderen Worten: *hochklassige, automatische Übersetzung ist so anspruchsvoll, weit entfernt oder unmöglich wie das gesamte Projekt einer umfassenden, menschenähnlichen Künstlichen Intelligenz*. Es ist daher so viel menschliche Vor- und Nachbereitung nötig, daß automatisches Übersetzen keine oder kaum Vorteile bringt. Diese Ein- und Aussicht veranlaßte im Jahre 1966 das zur Prüfung der erreichten Fortschritte und der weiter zu bewilligenden Gelder eingesetzte *Automatic Language Processing Advisory Committee (ALPAC)* zu dem Urteil, daß die maschinelle Übersetzung schlechter und teurer als die traditionelle menschliche bleiben werde. Die Gelder und damit die Forschung wurden auf Sparflamme heruntersetzt und erst Jahre später, nach der Entwicklung von auf Thesen von Noam CHOMSKY zurückgehenden mathematischen Modellen zur Beschreibung von Oberflächen- und Tiefenstrukturen der Grammatik und von speziellen Strukturen zur Repräsentation semantischen und pragmatischen Wissens wurden neue Versuche gestartet.

Daß automatische Wort-für-Wort-Übersetzungen trotz aller Schwächen noch weit verbreitet sind, läßt sich leider immer noch durch eine Reihe von Gebrauchsanleitungen belegen („Beachtung: Weder die Glühbirne noch das spezialische Glas nicht mit dem Hand berühren darf. Sonst werden das Glas oder das Lampenlebeben kaput oder verkürzt.“, „STICKY BALL wird von neues Memory-Gallert herstellt. Er ergreift seines Originalform zuruck nach jedem Schlag, Druck oder Pressen!“ , „Nimmer diesen Monitor legen, wo der Schnur von Personen darauf spazierengehen grausam behandelt wird.“). Und auch die Absender folgender Geschäftsbriefe zur Gewinnung neuer Kunden (für Software bzw. gebrauchte Kopierer) scheinen sich zu sehr auf die Leistungsfähigkeit schlechter Übersetzungsprogramme verlassen zu haben (die Rekonstruktion der englischen Originaltexte kann erneut die vielfältigen Mehrdeutigkeiten natürlicher Sprachen verdeutlichen):¹⁹

Geehrte Herr X,

Im neuen finanziellen Jahr Y Software hat einige Änderungen gemacht für der bessere. Meine Position hat verändert, ich jetzt für Unternehmen in Deutschland verantwortlich bin. Ich würde Sie begrüßen mögen zu Y und Hoffnung, die Dinge gut gehen.

Es ist jetzt wesentlich, daß ich die aktuelle Situation mit meinen Klienten bewerte und Hoffnung, die Sie helfen werden, ich helfen Ihnen durch zurücksenden dem Ausrutscher unter. Wenn Ihre Details haben verändert bitte könnte, Sie haben Ihre neue Details in der Kiste getan, hat versorgt mit dem Ausrutscher unter.

Ich wünsche Sie aller Brunnen in der Zukunft und guckt zeitige zu Handeln- Unternehmen mit Ihnen und Ihrer Gesellschaft.

Wenn Sie haben irgendeinen weiter Fragen bitte zögert mich schreien nicht auf [Tel.-Nr.].

Mit danke und besten Grüßen

¹⁸Y. BAR-HILLEL, *Report on the State of Machine Translation in the United States and Great Britain*, Jerusalem 1959, S. 38. Zitiert nach M. TAUBE (1966), S. 54. Die Möglichkeit, die Mehrdeutigkeiten des Satzes mit zeitgenössischen oder fortgeschritteneren KI-Mitteln aufzulösen, diskutieren Hubert L. DREYFUS (1985), S. 162 ff. und John HAUGELAND (1987), S. 171 ff.

¹⁹Die Beispiele stammen aus der Zeitschrift *Titanic* (1/1993, S. 22 f., 1/1994, S. 26 f., 3/1995, S. 60 f.), deren „Translation-Poll“ (s. a. 2/1997, S. 62 f.) eine wahre Fundgrube für schrecklich-komische Übersetzungen ist.

Liebe Herre,

X ist ein Brunnen feststehender Großhändler und Händler in gebrauchte und Sekunde reicht Fotokopiergeräte, haben eingerichtet in Z, England. Die Gesellschaft hat getauscht für über 21 Jahre und haben vor kurzem in die letzten 2 Jahre haben sich ihre Arbeitsweisen in Festland ausgedehnt Europa.

Wir haben ein schließen arbeitende Beziehung mit mehreren finanziellen Institutionen in England zum Beispiel . . . wo wir kaufen die Mehrheit von ihr haben zurückverlangt und gebrauchte Fotokopiergeräte. Es ist die Absicht von der Gesellschaft, zunehmen ihren Markt, teilen durch diese Fläche von Aktivität in Europa.

Ihr Punkt von Kontakt wird ich sein, YZ und ich kann am :- berührt werden [Tel.-Nr., Fax-Nr.]

Um zu sind erfolgreich in Befehle ausführen ein angebrachte Preis, den wir brauchen würden, bestimmte Information solche als: das Produkt und Modell von der Maschine, die totale Zahl von Kopien die Maschine hat gemacht und ob es hat jede Dokument-Fütterer, oder Sortiermaschinen haben befestigt.

Wir haben unseren eigenen Transport, abholen wöchentliche und einzahlen Bargeld oder neben Bankiers skizzieren. Wir hoffen der als mit unser andere Kunden, die wir sein werden, fähige entwickeln eine starke arbeitende Beziehung. Danken Ihnen in Fortschritt, und sichern Sie von unserer bester Aufmerksamkeit bei alle Einmaleins. Bester Gruß, YZ.

Ohne hier eine Grundsatzdiskussion über die Vor- und Nachteile einzelner Programmiersprachen zur Lösung bestimmter Probleme und für den Unterricht beginnen oder weiterführen zu wollen,²⁰ ist meines Erachtens unbestreitbar, daß LOGO erstens für das hier verfolgte Vorhaben (Verarbeitung natürlicher Sprache, Anfängerkurs) erste Wahl ist und daß zweitens die Möglichkeiten und Vorzüge von LOGO häufig unterschätzt werden. Interaktivität, Erweiterbarkeit, modulare Konzeption, einfache Datenstrukturen, rekursive Prozeduren und die mächtigen Listenoperationen ermöglichen „jenseits der Turtle“²¹ auch für Anfänger mitvollziehbare Zugänge zur Text- und Sprachverarbeitung bis hin zu Grundkonzeptionen der Künstlichen Intelligenz (kein Wunder, denn LOGO wurde nach dem Vorbild von LISP konzipiert).

In LOGO können eingegebene Sätze direkt als Listen verarbeitet werden und so erreicht man schon nach dem Erstellen eines Lexikons in der Art

```
MAKE "LEXIKON [ [DER THE] [DIE THE] [DAS THE] [MANN MAN]
                [KATZE CAT] [PFERD HORSE] [AUTO CAR] [IST IS]
                [ROT RED] [BRAUN BROWN] [SCHWARZ BLACK]
                [BLAU DRUNKEN] [LIEBT LOVES] ]
```

und nach der Definition (rekursiver) Prozeduren wie

```
TO WORT_ERSETZEN :ALTWORT :WORTLISTE
  IF EQUALP :WORTLISTE []
  [OUTPUT :ALTWORT STOP]
```

²⁰Vgl. *LOG IN* 4/1993. Ein engagiertes Plädoyer für die Verwendung von LISP bei der Einführung in die Künstliche Intelligenz ist die Handreichung von Renate SEIDLER & Lorenz HILTY (1994), für PROLOG die Arbeit von Eva PILZ (1991).

²¹Vgl. das äußerst anregende Buch von Helmut SCHAUER (1988). Weitere einschlägige Anregungen bieten Hans-Dieter BÖCKER, Gerhard FISCHER & Ulrich SCHOLLWÖCK (1987).

```

IF EQUALP :ALTWORT FIRST FIRST :WORTLISTE
  [OUTPUT LAST FIRST :WORTLISTE]
WORT_ERSETZEN :ALTWORT BUTFIRST :WORTLISTE
END

TO SATZ_VERARBEITEN :ALTSATZ
  IF EQUALP :ALTSATZ []
    [OUTPUT [] STOP]
  OUTPUT SENTENCE WORT_ERSETZEN FIRST :ALTSATZ :LEXIKON
  SATZ_VERARBEITEN BUTFIRST :ALTSATZ
END

```

durch den Befehl

```
PRINT SATZ_VERARBEITEN READLIST
```

und anschließende Eingabe des Satzes (ohne Satzzeichen; wenn der LOGO-Dialekt kleine Buchstaben erlaubt, sollte man `UPPERCASE` verwenden) die beschriebene Wort-für-Wort-Übersetzung (der hier verwendete „funktionale“ Programmierstil ist für Schülerinnen und Schülern nicht ganz einfach, aber zur Not kann man mit LOGO ja auch „imperativ“ programmieren). Diese Grundbausteine lassen sich leicht zu einem kleinen Programm (mit größerem Lexikon, Rahmenprozedur, Hilfstexten für die Benutzer, Endabfrage usw.) ausbauen.

Kommerzielle Produkte dieser Art haben ein wesentlich größeres Lexikon. Statt oder zusätzlich zu einer Demonstration der (geringen) Leistungsfähigkeit solcher Programme sollte die Arbeitsweise mit einem umfangreicheren Lexikon von den Schülerinnen und Schülern selbst simuliert werden. Zum einen wird die Arbeitsweise dadurch deutlicher, wenn sie sich selbst an die Regeln halten müssen, zum anderen können sie dabei selbst entdecken, wie mehrdeutig die Sprache ist und – dadurch daß sie dieses Wissen ausdrücklich nicht berücksichtigen sollen – wieviel sprachliches und sonstiges Wissen sie zum Verstehen meist unbewußt einsetzen (das ist auch deshalb wichtig, weil die oben zitierte (vgl. S. 11) etwas naive und aus der „Übertragungsmetapher“ entstandene Sicht `WEAVERS`, Übersetzen sei bloßes Decodieren, auch bei Schülern verbreitet ist). Die beiden Textbeispiele im „Übersetzungsspiel“ sind nicht besonders ausgesucht (mir ging es um Alltagssprache, außerdem hatte ich hier von einer Autorin Texte in Englisch und Deutsch), ähnliche Probleme treten bei allen „natürlichen“ Texten auf.

2 Syntax, Semantik, Pragmatik

Unterrichtsskizze

Zum Beginn dieses Unterrichtselementes wurden die Schwächen einer Wort-für-Wort-Übersetzung und die Folgerungen für bessere Übersetzungsprogramme zusammengefaßt (vgl. Kasten): „Wörtliche“ Übersetzungen, die wie beim Codieren schrittweise einzelne Elemente durch feste Partner ersetzen, können keine befriedigenden Übersetzungen erzeugen.

Abgesehen von unterschiedlichen Wortstellungen in der Ausgangs- und Zielsprache läßt sich die richtige Übersetzung nur durch den sprachlichen und situativen *Kontext* erschließen, und das bedeutet, daß die kleinste sinnvolle Analyseeinheit nicht ein Wort, sondern der *ganze Satz* ist (für viele Probleme, z. B. zur Klärung des Bezuges von Pronomina, genügt auch das nicht).

Syntax, Semantik, Pragmatik

Die Wort-für-Wort Übersetzung scheiterte an der vielfältigen Mehrdeutigkeit (Ambiguität) der einzelnen Worte. Die genaue Bedeutung läßt sich in den meisten Fällen nur durch den Zusammenhang, den Kontext erschließen. Das hat zwei wichtige Konsequenzen:

- die kleinste sinnvolle sprachliche Analyseeinheit ist der ganze Satz,
- die Beziehungen der Worte untereinander, zur Welt, zur Situation von Sprecher und Hörer müssen mitberücksichtigt werden.

Was ist an den folgenden Sätzen falsch?

- Peter das Haus weiße sah.
- Farblose grüne Ideen schlafen wütend.
- Können Sie Vollidiot mir drei Groschen fürs Telefon geben?

In der Linguistik werden drei Ebenen der Sprachanalyse unterschieden:

- Die **Syntax** beschäftigt sich mit der *Form* und *Struktur* von Sätzen, mit den Regeln, nach denen sich einzelne Worte zu vollständigen (grammatikalisch korrekten) Sätzen kombinieren lassen.
- Die **Semantik** beschäftigt sich mit der *Bedeutung* von Worten und Sätzen, mit ihren Beziehungen zu den Dingen und Ereignissen der Welt und zueinander.
- Die **Pragmatik** beschäftigt sich mit den Interessen und Wirkungen beim *Gebrauch* von Sprache, mit den Beziehungen zwischen Sprache und Sprachbenutzer, mit dem kulturellen, sozialen, psychologischen und biologischen Kontext.

Anschließend wurde an Hand einiger Beispiele herausgearbeitet, daß die bei der Auflösung von Mehrdeutigkeiten zu beachtenden Kontexte von sehr unterschiedlicher Art sind und Wissen auf ganz verschiedenen Ebenen erfordern:

- ob es sich bei „*Macht*“ um eine Verbform oder um ein Substantiv handelt, läßt sich aus der Stellung im Satz und durch die Kompositionsregeln der Grammatik erschließen (*Syntax*);
- ob „*drawer*“ durch „*Zeichner*“, „*Aussteller*“ (eines Schecks), „*Buntstift*“, „*Schublade*“ oder „*Unterhose*“ zu übersetzen ist, hängt davon ab, von welchen (anderen) Dingen im Text die Rede ist (*Semantik*);

- ob mit „you“ „Du“ oder „Sie“ gemeint ist, hängt von der Beziehung zwischen Sprecher und Angesprochenem und vom Redeinteresse (sachlich, höflich, vertraut, vulgär ...) ab (*Pragmatik*).

Zum Abschluß wurden diesen Unterscheidungen die verschiedenen Ebenen der Sprachanalyse zugeordnet (als Unterrichtsmaterial diente das Beispiel aus Walther VON HAHN (1985), S. 42) und Sprachverstehen von Spracherkennung²² abgegrenzt.

Kommentar

Die vielfältige Mehrdeutigkeit (Ambiguität) der Sprache als zentrales Problem maschineller Sprachverarbeitung kann von recht unterschiedlicher Art sein.²³

- *Lexikalische* Ambiguität, d. h. ein einzelnes Wort hat mehr als eine Bedeutung. Beispiele:

Ausschuß, Ball, Bank, Bremse, Fessel, Flügel, Futter, Mutter, Star, Stock, Ton, Tor, Weide, Zug, warten, übersetzen ...

Weiter können Wörter auch mehreren syntaktischen Kategorien (Substantiv, Verb, Adjektiv usw.) angehören:

Floh, Macht, Taste, Schritt, ein, sein, bestimmt, close, left ... Besonders schwierig ist die korrekte Übersetzung von Wörtern, die für sich alleine keine feste und in Verbindung mit anderen Wörtern eine je andere Bedeutung haben (wie beispielsweise Präpositionen, man schaue mal in einem großen Lexikon unter „of“ oder „in“ nach oder übersetze die folgenden Sätze in andere Sprachen: „*Er kam an sein Ziel*“, „*Er kam an seinem freien Tag*“, „*Er trat auf als Mephisto*“, „*Er trat auf seinen Fuß*“, „*Er gab an einem Sonntag das Rauchen auf*“, „*Er gab auf dem Revier seinen Namen an*“).

- *Strukturelle* Ambiguität, bei der eine Anordnung von Worten unterschiedliche Bedeutungen haben kann:

Peter sah den Mann mit dem Fernglas.

Ich kenne einen besseren Anwalt als Andreas.

Zu Beginn der Stunde wurde die Hausaufgabe von Birte vorgelesen.

I read about the aircrash in France. / ... the paper.

Landing planes can be dangerous.

He saw that gasoline can explode.

- *Referentielle* Ambiguität, z. B. der Gebrauch von Pronomina:

Sie nahm den Kuchen vom Teller und aß ihn.

Er sah durch das Schaufenster das Fahrrad im Geschäft und wollte es haben.

²²Vgl. zu dieser Unterscheidung den Abschnitt 3.2 von Teil 1. Während sich die Probleme des Sprachverstehens, auf der Grundlage formatierter und codierter Texte, recht gut von denen der *Erkennung* von Sprache (gesprochen oder handschriftlich) abgrenzen lassen, gilt das umgekehrt nicht: Es wird immer deutlicher, daß Programme dafür auch über Komponenten des Verstehens verfügen müssen. Für neuere Übersichten über Probleme und Leistungen der Erkennung gesprochener Sprache durch Computer vgl. Jo BAGER (1997), Nils HABERLAND, Stephan KANTHAK, Johannes OVERMANN, Kai SCHÜTZ & Lutz WELIG (1998) und Marcus SPIES (1997). Ulrich MALASKE (1998) hat einige der aktuellen Systeme ausführlich getestet: durchschnittliche Trefferquote nach Training auf einen speziellen Sprecher ca. 95 %.

²³Ich folge hier teils Günther GÖRZ (1988, S. 8 f.), teils W. John HUTCHINS & Harold L. SOMERS (1992, S. 85 ff.), teils Terry WINOGRAD (1984, S. 90).

- Ambiguität der *Reichweite von Quantoren und Verneinungen*:
Alle Kabel sind mit einem Stecker verbunden.
Es gibt eine Lösung für jedes Problem.
No smoking seats are available on domestic flights.
- *Pragmatische Ambiguität*:
 „Können Sie mir sagen, wie spät es ist?“ „Ja“
 Ebenso kann „*Mir ist kalt*“ eine schlichte Mitteilung oder die Aufforderung zu einer bestimmten Handlung sein.²⁴
- Bei gesprochener Sprache treten noch weitere Ambiguitäten auf, so sind beispielsweise „*sans soucis*“ und „*cent soucis*“ oder „*it isn't easy to recognize speech*“ und „... *to wreck a nice beach*“ wohl auch für Muttersprachler nur durch den Kontext unterscheidbar.²⁵

Im Unterricht sollten verschiedene Beispiele besprochen werden. Dabei geht es weniger um eine Systematisierung der angegebenen Art, als vielmehr um die Einsicht, daß zum Verstehen und zur richtigen Verwendung von Sprache sehr unterschiedliches Wissen und Können nötig ist:

- wir können – nach bewußten oder unbewußten sprachlichen Regeln – Wörter zu grammatisch korrekten Sätzen kombinieren und Sätze entsprechend analysieren;
- wir wissen die Bedeutung sprachlicher Ausdrücke, ihre Beziehung zu den Dingen und Sachverhalten in der Welt und untereinander (z. B. Ober-/Unterbegriffe, synonym oder konträr usw.);
- wir haben nicht nur die Fähigkeit, Sätze korrekt zu bilden und zu verstehen, sondern vor allem auch die, sie in einer bestimmten Situation angemessen und nach eigenen Zielen zu verwenden und einzusetzen (bis hin zu der Fähigkeit, in bestimmten Fällen – Metapher, Ironie, Schmeichelei, Bluff, Lüge – absichtlich nicht ganz „korrekte“ Sätze zu gebrauchen).

Auch die so im Unterricht getroffene Unterscheidung in Syntax, Semantik und Pragmatik ist nicht so sehr als sprachwissenschaftliche Systematisierung zu verstehen,²⁶ sondern es

²⁴Terry WINOGRAD & Fernando FLORES (1989, S. 98 ff.) diskutieren die Möglichkeit der Fixierung einer „wörtlichen“, kontext- und situationsunabhängigen Bedeutung am folgenden Beispiel:

„Ist noch Wasser im Kühlschrank?“

„Ja.“

„Wo?“

„In den Zellen der Aubergine.“

oder auch: „Kondensiert am unteren Teil der Kühlschlängen.“

²⁵Daß dabei selbst professionellen Dolmetschern Fehler unterlaufen können, illustriert David CRYSTAL (1993, S. 345) mit einer Anekdote: „*L’afrique n’érige plus des autels aux dieux* (»Afrika errichtet den Göttern keine Altäre mehr.«) Der zweite Teil dieses Ausspruchs eines UNO-Delegierten wurde als ... *hôtels odieux* mißverstanden: »Afrika baut keine schrecklichen Hotels mehr.«“

²⁶Hinzu kämen noch Phonetik und Morphologie. Die genaue Abgrenzung zwischen Syntax, Semantik und Pragmatik ist nicht ganz unproblematisch und innerhalb der Linguistik auch nicht einheitlich (Spezialisten der einzelnen Teilgebiete neigen dazu, ihren Bereich zuungunsten der anderen auszudehnen). In diesem Zusammenhang muß noch nachdrücklich betont werden, daß die in fast allen Linguistik- und KI-

soll – als Übergang zu den folgenden Unterrichtsabschnitten – deutlich gemacht werden, daß Sprachverstehen ein sehr komplexes Problem mit unterschiedlichen Ebenen ist und daß daher beim Versuch einer maschinellen Umsetzung vielfältige Methoden und Strategien entwickelt und miteinander verbunden werden müssen.

3 Formale Systeme

Unterrichtsskizze

Eingeleitet wurde dieses Unterrichtselement durch Überlegungen dazu, wodurch sich Spiele wie Schach, Dame, Mühle, Domino, Scrabble ... einerseits und Fußball, Tennis, Billard, Mikado ... andererseits prinzipiell unterscheiden. In der Diskussion wurde herausgestellt, daß die Spiele der ersten Art weitgehend unabhängig von

- bestimmten räumlichen und zeitlichen Bedingungen (z. B. auch während des Lateinunterrichts, in der Gefängniszelle, über Telefon oder Briefe)
- fest vorgegebenen Spielmaterialien und -feldern (z. B. auch mit Figuren aus Brotresten, mit Blumentöpfen in den Fenstern einer Hausfassade, mit Papier und Bleistift, letztlich „im Kopf“)
- wechselnden und dennoch entscheidenden äußeren Bedingungen (genaue Lage einzelner Materialien, nasser Rasen, Wind ...)

gespielt werden können. Das ist möglich, weil

- alle Spielzüge nacheinander in diskreten Schritten erfolgen;
- das Spiel jederzeit durch das Material, die Ausgangsstellung, die erlaubten Regeln und die bisherigen Züge eindeutig bestimmt ist;
- Spielfeld, Material und Regeln in fast beliebiger Weise so symbolisiert werden können, daß sich die Beschreibungen und Regeln nur auf die äußere Gestalt und die Anordnung der Symbole beziehen.

Unter Hinweis auf diese Eigenschaften wurde dann der Begriff *Formales System* (auch: *Kalkül*) eingeführt (vgl. Kasten) und ein erstes, sehr einfaches Beispiel gegeben:

Büchern (und auch von mir) benutzte Reihenfolge ein Mißverständnis suggeriert. Da die Bedeutung vom Gebrauch abhängt und da man kaum syntaktische Kategorien unabhängig von semantischen bilden kann, ist die „Reihenfolge menschlicher Praxis“ in „der Reihenfolge Syntax, Semantik und Pragmatik ... auf den Kopf gestellt“ (Peter JANICH (1992), S. 161). Das gilt erst recht für Computer und formalisierte Sprachen: Weil wir damit bestimmte Zwecke verfolgen, geben wir den Symbolen eine Bedeutung und konstruieren entsprechend die Regeln (vgl. dazu den Kasten unten auf S. 27 und im Abschnitt 3 von Teil 2 die Entwicklung im Denken von WITTGENSTEIN und CARNAP). Die „Einsicht, daß Sprechen ein Handeln ist, mit dem wir uns in der Welt orientieren und mit dem wir zu anderen in Beziehung treten,“ somit Sprachverstehen „Teilnahme, nicht bloß Beobachtung“ verlangt (Günther GÖRZ (1988), S. 22, 24), daß „*Pragmatik* ... die *Superdisziplin*“ ist, daß „menschliche Beduerfnisse und Zwecke ... die Grundlage fuer Sprachschöpfung und -anwendung“ sind (Peter SCHEFE (1987), S. 38), ist in der Philosophie weitgehend Allgemeingut, im Bereich der KI sind die eben genannten Autoren und WINOGRAD & FLORES (1989) eher die Ausnahme.

K_1 : Alphabet: +, o
 Anfang: +
 Regel 1: A \longrightarrow Ao
 Regel 2: A \longrightarrow +A+

Zur Erklärung: Es dürfen nur die Symbole + und o verwendet werden, als erstes muß ein + gesetzt werden. Die Regeln besagen: wenn irgendeine Figur (A) erzeugt wurde, darf an diese ein o angehängt werden (Regel 1), wenn irgendeine Figur erzeugt wurde, darf ein + davor und dahinter gesetzt werden (Regel 2). Das A (wie auch das Komma und der Pfeil) gehört nicht zum Kalkül, es dient lediglich der Beschreibung (ist also ein *metasprachliches* Zeichen).

Anschließend wurde kurz besprochen, wie sich die oben genannten Spiele (z. B. Domino, Schach) in dieser Form beschreiben lassen und daß das auch für eine Reihe weiterer alltäglicher Beispiele (Strickmuster, Rechenregeln) gilt.

Formale Systeme

Spiele wie Schach, Go, Mühle unterscheiden sich von Spielen wie Billard, Fußball unter anderen in folgenden Punkten:

- die einzelnen Spielzüge erfolgen nacheinander in diskreten Schritten, die entstehenden Stellungen sind ohne jeden Verlust *digital* beschreibbar;
- die Spiele lassen sich unabhängig von einer bestimmten physikalischen Realisation des Spielmaterials spielen, also z. B. auch mit (*typographischen*) Symbolen, die nach bestimmten Regeln manipuliert werden (z. B. verschieben, löschen oder durch andere ersetzen);
- der Spielverlauf ist im gewissen Sinne unabhängig von äußeren Bedingungen (Regen, Erdbeben), er hängt nur von der momentanen Stellung und dem bisherigen Verlauf ab. Dadurch ist es möglich, alle Regeln als bloßes *schematisches Operieren* mit Symbolen zu beschreiben (d. h. so zu tun, als ob sie keine Bedeutung hätten).

Das alles gilt nicht nur für bestimmte Spiele: auch viele andere Handlungen (Stricken, Rechnen) lassen sich entsprechend als diskretes, schematisches Operieren mit Symbolen beschreiben.

Für eine solche Beschreibung brauchen wir:

- eine Liste aller erlaubten Symbole (*Alphabet*),
- eine Angabe aller erlaubten *Anfangsstellungen*,
- eine Liste aller erlaubten *Regeln*.

Ein so beschriebenes „Spiel“ heißt **Formales System** (auch: **Kalkül**).

Im nächsten Schritt wurde der Blickwinkel gewechselt. Es ging nicht mehr um die Frage, wie Alphabet, Anfänge und Regeln gewählt werden müssen, um Spiele oder Alltagshand-

lungen formal zu repräsentieren, sondern darum, welche Zeichenreihen durch ein jeweiliges, wie auch immer definiertes formales System erzeugt werden können (d.h. es wurde von einer möglichen *Bedeutung* der Symbole bewußt abgesehen). Nach Einführung der Begriffe *Ableitung* und *ableitbar* (vgl. Kasten auf S. 22) wurden weitere Beispiele behandelt (A und B stehen für beliebige Zeichenreihen des Alphabetes, B kann auch leer sein):

- K₂: Alphabet: +, o
 Anfang: o
 Regel 1: A → Ao
 Regel 2: A → +A+
- K₃: Alphabet: +, o
 Anfang: +
 Regel 1: A → Ao
 Regel 2: A → +A+
 Regel 3: A → ++A
- K₄: Alphabet: +, o
 Anfang: +
 Regel 1: A → oA
 Regel 2: A → +A+
- K₅: Alphabet: \$, #
 Anfang: \$
 Regel 1: A → A#
 Regel 2: A → \$A\$
- K₆: Alphabet: +, o, x
 Anfang: +o
 Regel 1: Ao → Aox
 Regel 2: +A → +AA
 Regel 3: AoooB → AxB
 Regel 4: AxxB → AB

Durch den spielerischen Umgang mit diesen Beispielen wurde erkannt, daß

- durch Alphabet, Anfänge und Regeln eindeutig eine Menge von ableitbaren Zeichenreihen bestimmt wird;
- durch unterschiedliche Anfänge und Regelsysteme dieselbe Menge von Zeichenreihen bestimmt werden kann (z. B. K₁ und K₃);
- unterschiedliche Zeichenreihen erzeugende Kalküle formal äquivalent sein können (z. B. K₁ und K₅);
- die Frage, ob eine bestimmte Zeichenreihe in einem Kalkül ableitbar ist oder nicht, in einigen Fällen sehr leicht oder ganz mechanisch durch Rückwärtsanwenden der Regeln entschieden werden kann, in anderen Fällen aber auch recht anspruchsvoll sein kann (Beispiel: ist in K₆ die Figur +x ableitbar?²⁷) und daß das insbesondere

²⁷Hierbei handelt es sich um das „MU-Rätsel“ bei Douglas R. HOFSTADTER (1985), S. 37 ff. und 280 ff.

auch von der Art der Regeln abhängt (z. B. ob in einer Ableitung die Zeichenreihen kürzer werden können oder nicht).

Ableitungen und Ableitbarkeit

Eine Folge erlaubter „Spielzüge“ heißt *Ableitung* des zuletzt erzeugten Symbols. Beispielsweise ist

+	(Anfang)
+o	(Regel 1)
+oo	(Regel 1)
++oo+	(Regel 2)
++oo+o	(Regel 1)

eine Ableitung von $++oo+o$ im Kalkül K_1 . Figuren, für die eine Ableitung existiert, heißen *ableitbar* (in dem formalen System). Gemäß der Konstruktion formaler Systeme lassen sich Ableitungen auch rein mechanisch durch Maschinen herstellen und auf Korrektheit überprüfen.

Durch Alphabet, Anfangssymbol(e) und Regeln wird die Menge der ableitbaren Figuren eindeutig bestimmt, z. B. ist $+++++o++o++$ im Kalkül K_1 ableitbar, $+++o++o++o++$ hingegen nicht (Übungsaufgabe). Es ist durchaus nicht immer einfach, bei einer beliebigen aus den Zeichen des Alphabets gebildeten Figur festzustellen, ob sie auch ableitbar ist. In unserem Beispiel oben gibt es allerdings dafür ein ganz mechanisches Entscheidungsverfahren: die fragliche Figur wird daraufhin untersucht, ob sie durch eine der Regeln aus einer Vorgängerfigur entstanden sein könnte (steht hinten ein o ? steht vorne und hinten ein $+$?), entsprechend die möglichen Vorgänger usw. Wenn zumindest einer dieser Wege (es gibt nur endlich viele) zu einem erlaubten Anfang führt, ist die Figur ableitbar, sonst nicht.

Wesentlich bei diesem Gedankengang war, daß durch die Anwendung der Regeln 1 und 2 bei Ableitungen die Figuren nicht *kürzer* werden können (nur dadurch ist das Verfahren garantiert endlich). Anders bei der folgenden Regel:

$A++++B \longrightarrow AoB$ (vier $+$ innerhalb einer Figur dürfen durch o ersetzt werden).

Da hier beim „Rückwärtsgehen zum Anfang“ immer größere Figuren auftreten können, bricht das Verfahren nicht garantiert nach endlich vielen Schritten ab, hier lassen sich – wenn überhaupt – nur durch inhaltliche (nicht mechanische) Überlegungen Aussagen zur Ableitbarkeit machen. Hier zeigt sich auch ein deutliches Ungleichgewicht bei der Beweislast: für den Nachweis der Ableitbarkeit einer Figur genügt es, eine Ableitung anzugeben. Im Falle der Unableitbarkeit muß man hingegen einen Überblick über alle möglichen Ableitungen haben (und das sind unendlich viele).

Kommentar

Wenn man einen Computer als *interpretiertes automatisches formales System*²⁸ definiert und man es entsprechend „in der Informatik stets mit formalen Systemen, ihrer Algorithmisierung und deren Implementierung auf Maschinen zu tun“²⁹ hat, lohnt es sicher, formale Systeme, ihre Eigenschaften und Leistungen im Unterricht ausdrücklich zu thematisieren. Das Ableiten von Zeichenreihen in formalen Systemen kennzeichnet insbesondere genau das, was damit gemeint ist, wenn in der Auseinandersetzung um die Denkfähigkeit von Computern gesagt wird, Computer seien „nur mechanisch“, „zur bloß formalen Symbolmanipulation fähig“, sie seien „rein syntaktisch, nicht semantisch“ (vgl. dazu die Abschnitte 4–7 im Teil 2).

Neben Beispielen für die Darstellung alltäglicher Vorgänge oder Spiele (z. B. Domino, Schach) als formales System sind deshalb auch Beispiele³⁰ wichtig, mit denen ausdrücklich keine Bedeutung verbunden wird, denn bekanntlich verarbeiten Computer „für sich genommen“ keine „Informationen“, sondern sie manipulieren nach bestimmten Regeln Signalfolgen, die extern, von uns, als Zeichen oder Symbole für etwas interpretiert werden; und genau diese Arbeitsweise soll simuliert werden.

Das „Spielmaterial“ der Kalküle K_1 bis K_6 sind typographische Zeichen, sie bedeuten nichts, sie symbolisieren nichts; bei der rein *formalen* Ableitung von Zeichenreihen in diesen Kalkülen kommt es nur auf ihre *Form* an, darauf, ob sie ein „Vorkommnis“ (*token*) eines bestimmten „Typs“ sind. Aber ist das so einfach? Sind $A, \mathbf{A}, \underline{A}, \mathcal{A}, \forall, \hat{A}$ vom Typ A ? Wann eher ja (z. B. bei Visitenkarten), wann eher nein (z. B. in Mathematikbüchern)? Wie ist es, wenn sie unvollständig sind (z. B. weil ein paar Düsen meines Druckers verstopft sind) oder mit der Hand geschrieben (mit meiner, mit Ihrer), mit grüner Tinte oder mit Kreide an der Tafel? Wie schlampig darf ich dabei sein, damit im Kalkül K_6 ein $+$ hinreichend verschieden von einem x ist? Weiter: Was genau besagen die Regeln? („Wenn Du oder irgendwer anders schon irgendeine Figur hergestellt hast (es darf auch ein erlaubter Anfang sein), dann darfst Du (aber Du mußt nicht) weitere Figuren dadurch herstellen, daß Du ...“) Läßt sich das alles exakt aufschreiben? (Wenn man anderen diese Regeln mitteilt, gibt man am besten *Beispiele* für ihre Anwendung.) Wenn man uns nicht fast gewaltsam auf solche Fragen stößt, haben wir mit ihnen keinerlei Probleme. Wir verfügen – als *Können*, nicht unbedingt als Wissen – über die Fähigkeit zum schematischen Operieren, wir verfügen weiter über die Fähigkeit zur Abstraktion, zum Erkennen des Gleichen im Unterschiedlichen, wir können ohne Probleme die Ebenen wechseln und metasprachlich über formale Systeme reden. Aber diese Fragen zeigen, daß „rein formal“, „bloß syntaktisch“ nicht rein formal, bloß syntaktisch bestimmt werden kann; und sie zeigen, „daß jede formale Entwicklung, wie rigoros sie auch immer sei und wie lange sie sich auch immer hinziehen möge, im Grunde nur ein Zwischenspiel zwischen einem informalen Beginn und einem informalen Schluß ist.“³¹ Es lohnt sich, bei den scheinbar so simplen „Spielkalkülen“ auch darüber zu sprechen.

²⁸So John HAUGELAND (1987), S. 42. Auf den folgenden Seiten findet sich dort auch eine ausführliche Diskussion der Unterschiede der zum Beginn des Unterrichtselementes genannten zwei Arten von Spielen und der Merkmale formaler Systeme.

²⁹Günther GÖRZ (1988), S. 68.

³⁰Der Kalkül K_1 und die Schreibweise stammen von Paul LORENZEN (1955), S. 14. In diesem Werk schlägt er eine Begründung der Logik vor, die auf unserer Fähigkeit zum *schematischen Operieren* beruht (diesen – m. E. nach wie vor interessanten – *operativen* Ansatz hat er später zugunsten eines *dialogischen* aufgegeben).

³¹Mortimer TAUBE (1966), S. 108. Vgl. dazu auch den Text von Walter SCHULZ im Unterrichtsmodul 1, Abschnitt 5.

4 Exkurs: Aussagenlogik

Einführung

Von LEIBNIZ stammt das Konzept einer *idealen Sprache*, ohne alle Mehrdeutigkeiten und Unklarheiten, kontext- und subjektunabhängig, versehen mit einem System von Regeln, durch deren Anwendung alle vernünftigen Gedanken gefunden und alle Streitfälle durch ein „Rechnen wir, mein Herr“ entschieden werden können.³² Mehr als zweihundert Jahre später – initiiert durch die Arbeiten von FREGE und weiterentwickelt u. a. durch RUSSELL, WITTGENSTEIN und CARNAP (vgl. dazu genauer im Teil 2 den Abschnitt 3) – wurde dieses Programm teilweise verwirklicht als *formale Logik*, als *Logikkalkül*. So, als „symbolische Maschine“³³ zur ganz „mechanischen“ Verrichtung geistiger Arbeit wie Schließen und Beweisen, erlebte die traditionelle Logik einen ungeheuren Aufschwung mit großem Einfluß auf die Philosophie dieses Jahrhunderts.

Auch die Informatik und speziell die KI wären ohne die Entwicklung der formalen Logik undenkbar. Beeinflußt durch die Arbeiten von RUSSELL und CARNAP veröffentlichten der Psychiater und Neurophysiologe Warren S. MCCULLOCH und der Mathematiker Walter H. PITTS 1943 ihren Aufsatz *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity* mit der These, daß sich (wegen des angenommenen Alles-oder-Nichts-Charakters der Nerventätigkeit) die Vorgänge im Gehirn mit den Mitteln der Aussagenlogik beschreiben und durch entsprechende elektrische Schaltungen realisieren lassen; eine These, die bahnbrechend war sowohl für den neuerdings wieder viel diskutierten Ansatz der neuronalen Netze als auch für den symbolverarbeitenden Ansatz der KI.³⁴ Der letztgenannte Ansatz – gemäß der These von Allen NEWELL und Herbert SIMON, daß physisch realisierte Symbolsysteme notwendig und hinreichend für Intelligenz sind (siehe Abschnitt 1 von Teil 2), das beherrschende Paradigma der KI in den letzten Jahrzehnten – wurde wiederum wesentlich gefördert durch die Entwicklung so mächtiger und an der formalen Logik orientierter Programmiersprachen wie LISP und PROLOG.³⁵

Die formale Logik war somit (abgesehen von der Mathematik) das erste erfolgreiche Unternehmen, wesentliche semantische und pragmatische Aspekte von Sprache und Denken auf regelgeleitete, rein syntaktische Symbolmanipulation zurückzuführen nach dem im Abschnitt 3.1 von Teil 2 erläuterten FORMALISTENMOTTO: Wenn man auf die Syntax achtet, wird die Semantik selbst auf sich achten. Sie ist damit ein Beispiel für eine *formalisierte Sprache*, für ein semantisch interpretiertes formales System für bestimmte Zwecke. Auch wenn man nicht alle der in den beiden letzten Absätzen genannten Aspekte im Unterricht behandeln kann oder will, bietet die Aussagenlogik (Junktorenlogik) – als

³²Vgl. dazu Umberto ECO (1994), S. 276 ff., und – insbesondere für den historischen und ideengeschichtlichen Hintergrund – Stephen TOULMIN (1991), S. 163 ff.

³³Vgl. Sybille KRÄMER (1988).

³⁴Der Aufsatz ist u. a. nachgedruckt in dem von Margaret A. BODEN (1990) herausgegebenen Sammelband. Ironischerweise war auch die vorübergehende völlige Abkehr der KI von den neuronalen Netzen zugunsten der Symbolverarbeitung Argumenten aus dem Bereich der Aussagenlogik geschuldet, nämlich u. a. dem 1969 von Marvin MINSKY und Seymour PAPERT veröffentlichten Nachweis, daß das von Frank ROSENBLATT entwickelte (einschichtige) Netz *Perceptron* nicht das exklusive „oder“ realisieren kann (für die neueren mehrschichtigen neuronalen Netze gilt das nicht).

³⁵LISP (*List Processing Language*) wurde Ende der fünfziger Jahre von John MCCARTHY entwickelt in Anlehnung an den λ -Kalkül von Alonzo CHURCH. PROLOG (*Programming in Logic*) orientiert sich an der Prädikatenlogik.

elementarste Theorie der formalen Logik – eine gute Gelegenheit, dieses Vorgehen, den Gewinn an Exaktheit, aber auch die Einschränkung und Reduktion sprachlicher Möglichkeiten exemplarisch kennenzulernen (FREGE hat die natürliche Sprache mit dem Auge, die formale Logik mit dem Mikroskop verglichen). Anhand der Aussagenlogik lassen sich dabei wesentliche Elemente aus dem Unterrichtsmodul (Unterschied Syntax, Semantik, Pragmatik, formales System, Aufbau einer formalen Grammatik, Parser für wohlgeformte Ausdrücke, Formalisierung der Semantik, Vergleich formaler und natürlicher Sprache) gut illustrieren.³⁶

Unterrichtsskizze

Den Schülerinnen und Schülern wurde unterrichtsbegleitend ein Skript zur Aussagenlogik³⁷ zum Selbststudium gegeben; bei Bedarf wurden einzelne Abschnitte und Aufgabenlösungen kurz gemeinsam besprochen. Dabei wurde insbesondere herausgestellt, daß

- diese „klassische“ (wahrheitsdefinite) Aussagenlogik auf sehr starken Voraussetzungen über ihr Grundmaterial, die „Aussagen“ beruht (deskriptive, indikatorfreie Sätze, die entweder „wahr“ oder „falsch“ sind);
- bei einigen Verbindungen von Teilaussagen zu neuen Gesamtaussagen die Wahrheit dieser Gesamtaussagen ausschließlich von der Wahrheit der Teilaussagen abhängt (z. B. bei der Verbindung durch „weder . . . , noch“), bei anderen jedoch nicht (z. B. bei „weil“ und „während“);
- die Umgangssprache gegenüber der Aussagenlogik in vielfacher Weise mehrdeutig ist:
 - ein Junktor kann verschiedenen Worten der Umgangssprache entsprechen (z. B. \wedge für „und“, „außerdem“, „aber“ usw.),
 - ein Wort (z. B. „oder“) kann verschiedenen Junktoren (\vee , \succ) entsprechen,
 - ein Wort (z. B. „und“) kann mal als Junktor, mal anders („Anna und Berta lieben sich“, „Er kam ins Krankenhaus und hatte einen Unfall“) verwendet werden;
- auch die Wenn-Dann-Verknüpfungen und die Negation in der Logik nicht immer dem Gebrauch in der Umgangssprache entsprechen;
- die Überführung eines Satzes in seine logische Form somit selbst kaum formalisierbar ist;
- die Gesetze der Logik keinen empirischen Gehalt haben und nur auf Grund der gemachten Voraussetzungen und *per definitionem* gelten;

³⁶Um Mißverständnissen vorzubeugen: In einem früheren Aufsatz (vgl. GOLECKI (1980)) habe ich angesichts der damals im Hamburger Lehrplan erfolgten Auszeichnung der Logik die Auffassung vertreten, daß eine ausführliche Behandlung der Logik im Philosophieunterricht sehr fragwürdig ist. Das gilt nun, wo im neuen Lehrplan eine solche Regelung nicht mehr enthalten ist, immer noch. Allerdings halte ich eine Beschäftigung mit der formalen Logik *im Rahmen dieses Unterrichtsmoduls* für durchaus lohnend.

³⁷Es handelt sich um einen überarbeiteten Teil eines Skripts, das ich vor einigen Jahren in Zusammenarbeit mit Jürgen JUNGSMANN verfaßt habe (siehe <http://lbs.hh.schule.de/oberstufe/ki-al.pdf>).

- die formalen Mittel der Logik dennoch bei vielen Problemen sehr nützlich sind (z. B. Gleichwertigkeit verschiedener Formulierungen, Überprüfung der Gültigkeit von Schlüssen, Auffinden versteckter Prämissen und neuer Konklusionen);
- dabei die Aussagenlogik eine sehr einfache Logik ist und für die meisten interessantesten Anwendungen zu einem leistungsfähigeren System (Prädikatenlogik) ausgebaut werden muß.

Diese Ergebnisse dienen auch als Anschauungsmaterial bei der Diskussion um die Leistungen und Grenzen der Formalisierung der natürlichen Sprache in den Abschnitten 10 und 11 dieses Moduls und dabei der Einsicht, daß eine exakte und eindeutige Terminologie in Fachsprachen zwar unbedingt nötig ist, aber eine exakte, eindeutige Formalisierung der gesamten natürlichen Sprache – selbst wenn sie gelänge – kaum wünschenswert wäre. Denn viele Ausdrucksmöglichkeiten (Wortspiele, Ironie, Metaphern . . .) beruhen gerade auf der Mehrdeutigkeit (während ein Computer alles „wörtlich nehmen“ muß), die kreative Verwendung und Weiterentwicklung von Sprache erzeugt und benötigt ständig neue Deutungsnuancen.

Auch an anderen Stellen des Unterrichtsganges diene die Aussagenlogik der Illustration und Ergänzung:

- Im Anschluß an die Abschnitte 3 und 5 dieses Moduls wurde an Hand der Aussagenlogik die Unterscheidung Pragmatik, Semantik, Syntax – diesmal in der „richtigen“ Reihenfolge (vgl. die Fußnote Nr. 26 oben auf S. 18) – wiederholt (vgl. Kasten).
- Danach wurde auch für die syntaktisch korrekten Ausdrücke der Aussagenlogik (*well formed formula*) eine formale Grammatik gesucht und anschließend dieses formale System zu einer *formalisierten Sprache*, also zu einem semantisch interpretierten Kalkül, ausgebaut. Dabei wurde an einem Beispiel verdeutlicht, wie sich – in einem Kalkül, der alle und nur die Tautologien erzeugt – auch die semantischen Aspekte (die logische „Wahrheit“ der Ausdrücke gemäß der „Bedeutung“ der Zeichen) auf bloß syntaktische Symbolmanipulation zurückführen lassen (vgl. den Kasten auf S. 37).
- Im Abschnitt 6 wurde bei der Arbeit mit dem Parser-Programm die Aufgabe gestellt, das Programm so zu modifizieren, daß die syntaktische Korrektheit von Ausdrücken der Aussagenlogik geprüft werden kann.³⁸

Kommentar

Als Begründer der modernen formalen Logik gilt gemeinhin Gottlob FREGE, der mit seiner – im Titel an das von LEIBNIZ formulierte Projekt einer *characteristica universalis* und eines *calculus ratiocinator* anknüpfenden³⁹ – *Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens* (1879) den ersten Logikkalkül im modernen Sinne vorlegte. FREGES Arbeiten hatten zum einen das Ziel, mit einer solchen Logik

³⁸Bei der programmtechnischen Umsetzung dieser formalen Grammatik müssen für die Junktoren je nach Zeichenvorrat der Programmiersprache andere Symbole (z. B. NEG, SUB usw.) gewählt werden. Weiter muß in der Prozedur SYNTAXANALYSE (vgl. unten S. 46) \$S durch \$WFF ersetzt werden.

³⁹Vgl. dazu Sybille KRÄMER (1988), S. 100 ff. und 132 ff.

der Mathematik ein sicheres Fundament zu geben,⁴⁰ zum anderen zielten sie aber darüber hinaus auch auf eine ideale, von Unklarheiten, Mehrdeutigkeiten und subjektiven Vorstellungen „befreite“ Sprache für alle Wissenschaften (vgl. dazu den Abschnitt 3.2 von Teil 2).

Pragmatik, Semantik, Syntax der (Aussagen-) Logik

Pragmatischer Aspekt

Bei der Überprüfung von Argumentationen, bei der Klärung von Streitfragen usw. ist es häufig wichtig festzustellen, ob z. B. zwei unterschiedliche Formulierungen dasselbe aussagen, ob Schlußfolgerungen korrekt sind, ob stillschweigend von zusätzlichen Annahmen (versteckten Prämissen) ausgegangen wird. Weiter ist es z. B. bei wissenschaftlichen Theorien wichtig, einen Überblick über mögliche Folgen zu erhalten. Bei all dem ist die Logik ein fast unentbehrliches Hilfsmittel. Sofern man dabei vom speziellen Inhalt absieht und nur die Form von Argumentationen und Aussagen (also z. B. wie sie sich aus Teilaussagen zusammensetzen) betrachtet, spricht man auch von *formaler* Logik.

Semantischer Aspekt

Um die logische Form vom Inhalt zu lösen und um dabei die Mehrdeutigkeiten der Umgangssprache zu vermeiden, wird eine künstliche Sprache konstruiert. Dabei müssen Entscheidungen über die grundlegenden Sprachelemente und deren Bedeutung getroffen werden (z. B. die „atomaren Einheiten“ sind einfache „Aussagen“, von denen nur angenommen wird, daß ihnen genau einer der beiden „Wahrheitswerte“ W bzw. F zugeordnet werden kann, zu den „Junktoren“ gehört z. B. das „logische und“, dessen Verknüpfungsergebnis genau dann den Wahrheitswert W hat, wenn das auch für beide Teilaussagen gilt usw.).

Syntaktischer Aspekt

Für die einzelnen Elemente dieser künstlichen Sprache werden Symbole verwendet (z. B. $P, Q, R \dots$ für die Teilaussagen, $\neg, \vee, \wedge, \rightarrow \dots$ für die Junktoren, $(,)$ als Trennzeichen). Sie bilden das *Alphabet* dieser Sprache. Die logische Form eines zusammengesetzten Satzes der Umgangssprache erscheint dann auf dieser Ebene schlicht als eine bestimmte Zeichenreihe dieses Alphabets. Nun ist aber längst nicht jede theoretisch denkbare Kombination (z. B.: $(PQ \vee ((\wedge))$ auch ein sinnvoller Ausdruck (engl. *well formed formula*) dieser künstlichen Sprache. Es müssen also noch *syntaktische Regeln* für die erlaubten Ausdrücke (z. B.: $((P \wedge Q) \vee R) \rightarrow S$) angegeben werden.

Mit den Arbeiten von WHITEHEAD und RUSSELL (*Principia Mathematica*, 1910) und der genaueren Unterscheidung von Syntax und (modelltheoretischer) Semantik durch CARNAP und TARSKI erhielt dann die Logik ihre heutige Gestalt als formalisierte Sprache. Als eine Art „Standardlogik“ hat dabei die *Prädikatenlogik erster Stufe* (quantifiziert wird nur über Individuenvariablen, nicht über Prädikate) besondere Bedeutung. Für sie gibt es recht unterschiedliche Kalküle, neben axiomatischen (wie im Kasten auf S. 37 für die Aussagen-

⁴⁰Darin unterscheidet er sich von BOOLE, DE MORGAN, u. a., die mit ihren Arbeiten die (Aussagen-) Logik als *Teil* der Mathematik behandelten. FREGE dagegen strebte eine einheitliche, universale Formelsprache für Logik, Mathematik und weitere Wissenschaften an.

logik) auch regellogische⁴¹ (z. B. Kalkül des natürlichen Schließens und Sequenzenkalkül von GENTZEN, BETH-Tableaux, dialogische Logik von LORENZEN), die gegenüber einer axiomatischen Darstellung einige Vorteile haben. Ich habe im Unterricht dennoch eine axiomatische Darstellung gewählt, da es hier erstens nur um ein illustrierendes Beispiel ging, d. h. es sollte nicht wirklich mit dem Kalkül gearbeitet werden, und zweitens an die Darstellung formaler Systeme aus Abschnitt 3 angeknüpft wurde.

Wird die Logik als formalisierte Sprache, also als semantisch interpretierter Kalkül dargestellt, muß gesichert sein, daß im Kalkül *alle* und *nur* die semantisch intendierten Formeln (also z. B. die Tautologien; ... die Wahrheit, die ganze Wahrheit und nichts als die Wahrheit) syntaktisch erzeugt werden können (*Vollständigkeit* und *Widerspruchsfreiheit* des Kalküls). Für das Beispiel im Kasten auf S. 37 ist der Nachweis, daß nur Tautologien erzeugt werden (und damit die Widerspruchsfreiheit), recht einfach zu führen: die Axiome sind Tautologien (Nachweis z. B. durch Wahrheitstafeln) und auch die Ableitungsregeln sind Tautologien, wenn der Regelpfeil durch den Subjunktore ersetzt wird (somit handelt es sich um logisch gültige Schlüsse, die bei logisch wahren Prämissen auch immer zu logisch wahren Konklusionen führen). Die Vollständigkeit ist nur mit sehr viel mehr Aufwand nachzuweisen, und so war der 1930 durch GÖDEL erbrachte Nachweis der syntaktischen Vollständigkeit der Prädikatenlogik erster Stufe ein wichtiger Schritt für die Entwicklung der formalen Logik. Um so größer war der Schock, als er ein Jahr später nachwies, daß jedes für die Darstellung auch nur der elementaren Arithmetik ausreichende (die Prädikatenlogik erster Stufe allein reicht hier nicht) und zugleich widerspruchsfreie logische System unrettbar unvollständig ist (es gibt immer wahre Aussagen, die sich im Kalkül nicht ableiten lassen, und es gibt dann wieder weitere, wenn man sie als „Rettungsversuch“ zu den Axiomen hinzufügt) und seine Widerspruchsfreiheit nicht mit den logischen Mitteln dieses Systems (geschweige denn mit schwächeren) nachgewiesen werden kann.

Wenn man (wie im Falle der Prädikatenlogik erster Stufe) über einen vollständigen und widerspruchsfreien Kalkül verfügt, lassen sich alle logisch wahren Formeln (dieser Stufe) „ganz mechanisch“ dadurch gewinnen, daß systematisch alle möglichen Ableitungen durchgeführt werden (die Formeln sind dann *rekursiv aufzählbar*). Wenn man einen weiteren Kalkül konstruieren könnte, der auch alle Formeln erzeugt, die nicht logisch wahr sind, hätte man ein mechanisches *Entscheidungsverfahren* für die logische Wahrheit von Formeln: man läßt beide „symbolische Maschinen“ parallel laufen, bis die fragliche Formel entweder im ersten oder im zweiten Kalkül erzeugt wird. CHURCH und TURING (vgl. Abschnitt 4 vom Teil 1) haben 1936 nachgewiesen, daß es schon für die Prädikatenlogik erster Stufe kein solches Verfahren geben kann, daß sie also *unentscheidbar* ist (anders die Aussagenlogik: die von WITTGENSTEIN im *Tractatus* entwickelten Wahrheitstafeln sind ein Entscheidungsverfahren, und es gibt weitere). Mit gewissen Einschränkungen (die Prädikatenlogik ist bloß *deduktiv*, die Hoffnungen auf eine für die empirischen Wissenschaften wichtigere *induktive* Logik haben sich zerschlagen) ist die Prädikatenlogik erster Stufe somit zwar eine *ars inveniendi* im Sinne von LEIBNIZ, nicht aber eine *ars iudicandi*.

Für FREGE war Anwendungs- und Gegenstandsbereich der Logik weder die (subjektiven) Vorstellungen noch sprachliche Ausdrücke, sondern – inspiriert von einem strikt „platonischen“ Verständnis der Mathematik – „Begriffe“ und „Gedanken“, die für ihn unabhängig von unseren Vorstellungen und der Dingwelt existieren. Diese „Gedanken“

⁴¹In diese Kategorie gehört auch der von Renate SEIDLER & Lorenz M. HILTY (1991) vorgestellte WANG-Kalkül.

sind für ihn entweder wahr oder falsch, und zwar unabhängig von unserem Wissen und unseren Möglichkeiten der Überprüfung, und dieses Prinzip des *tertium non datur* wird bei der Prädikatenlogik auch auf den Bereich des Unendlichen übertragen (das als wirklich, *aktual* gegeben aufgefaßt wird, nicht bloß als *potentielles* „immer so weiter“). Dieses Verständnis (und damit die Verwendung der „klassischen“, *wahrheitsdefiniten* Logik auch im Bereich unendlicher Mengen z. B. bei indirekten und Widerspruchsbeweisen) entspricht dem der meisten Mathematiker, aber es gibt auch Gegenstimmen mit guten Argumenten. Die unkritische Verwendung unendlicher Mengen führt zu Paradoxien, die sich nur durch aufwendige Zusatzmaßnahmen vermeiden lassen. Es ist dann schwer einzusehen, daß sich die Logik als elementare und grundlegende Theorie auf eine dann keineswegs evidente und einfache Mengenlehre stützen soll. Ein weiterer Einwand in diesem Zusammenhang lautet, daß die übliche mengen- und modelltheoretische Semantik auf der metasprachlichen Ebene die Quantoren schon voraussetzt, wenn z. B. die Wahrheit einer durch einen Allquantor quantifizierten Formel dadurch definiert wird, daß sie *für alle* Elemente einer Gegenstandsmenge wahr ist. Weiter gibt es mathematische Aussagen, für die bisher (und möglicherweise niemals) weder ein Beweis noch eine Widerlegung gefunden wurde.⁴² Im Anschluß an BROUWER, der Mathematik als eine *konstruktive Tätigkeit*, und nicht als das Entdecken ewig wahrer Gesetze verstand, wurde mit diesen Argumenten parallel zu einer konstruktiven Mathematik auch eine *konstruktive (intuitionistische, effektive)* Logik entwickelt, die nicht vom Postulat der Wahrheitsdefinitheit ausgeht (zu dieser Richtung gehören auch die Arbeiten von Paul LORENZEN zur operativen und dialogischen Begründung der Logik⁴³). Auch wenn im Unterricht auf diese Details nicht eingegangen werden kann, sollte auf jeden Fall die für die klassische Logik grundlegende Annahme, daß jede Aussage entweder wahr oder falsch ist, problematisiert werden.

Ein anderer Kritikpunkt an der klassischen Logik betrifft die Behandlung von Wenn-Dann-Verknüpfungen. Erstens ist jede solche Verknüpfung mit falschem Vorderglied wahr (insofern folgt aus Falschem Beliebiges), zweitens wird keinerlei inhaltliche Beziehung zwischen Vorder- und Hinterglied verlangt (der Satz „Wenn der Mond aus Schweizer Käse ist, heiße ich Hugo“ ist wahr). Strengere Bedingungen führen zu weiteren Logiksystemen, die die klassische Logik noch mehr einschränken als es die konstruktive tut (schon die konstruktive Verwendung von $A \rightarrow B$ kommt dem Verständnis von „B unter der Bedingung A“ näher als die klassische; konstruktiv sind beispielsweise die Implikationen $\neg A \vee B \Rightarrow A \rightarrow B \Rightarrow \neg(A \wedge \neg B)$ und $A \rightarrow B \Rightarrow \neg B \rightarrow \neg A$ gültig, nicht aber, wie in der klassischen Logik, auch die umgekehrte Richtung). Auch hier gilt: ohne Behandlung dieser Details sollte die häufig als recht künstlich empfundene Formalisierung der Wenn-Dann-Verknüpfung in der klassischen Aussagenlogik so behandelt werden, wie sie ist, nämlich als eine, für die es einige gute Gründe gibt, die aber auch unter logischen Gesichtspunkten keineswegs zwingend ist.

Bei Verknüpfungen wie „A, weil B“, „A, während B“, „Es ist notwendig so, daß A“, „Sie weiß, daß A“ hängt die Wahrheit der Gesamtaussage nicht ausschließlich von den Wahrheitswerten der Teilaussagen ab, es sind zusätzliche, inhaltliche Bedingungen und Über-

⁴²Ein Beispiel ist die sogenannte GOLDBACH-Vermutung: Jede gerade natürliche Zahl läßt sich als Summe zweier Primzahlen darstellen.

⁴³Vgl. LORENZEN (1955) und Paul LORENZEN & Kuno LORENZ (1978). Ein Kennzeichen der von ihnen mitvertretene „Erlanger Schule“ ist, daß die Logik nicht als deskriptive Strukturtheorie, sondern als Teil einer präskriptiven Argumentations- und Handlungstheorie verstanden wird. Vgl. dazu auch Carl Friedrich GETHMANN (1979).

legungen nötig. Außerdem spielen bei Argumentationen nicht nur deskriptive Aussagen, sondern auch normative Sätze eine wichtige Rolle. Entsprechend wurden mehr oder weniger erfolgreich zusätzlich zur („extensionalen“, vgl. unten S. 104) Aussagen- und Prädikatenlogik weitere „intensionale“ Logiken entwickelt, z. B. kausale, temporale, modale (zur Behandlung solcher Prädikate wie „notwendig“ und „möglich“), epistemische („wissen“, „glauben“) und deontische („geboten“, „erlaubt“, „verboten“).

Schon dieser kurze Überblick über konkurrierende und ergänzende Logiksysteme macht deutlich, daß nicht mehr von *der* Logik als einem System *a priori* gültiger „ewiger Wahrheiten“ gesprochen werden kann. Wie lassen sich aber dann gewisse Regeln des Schließens und Argumentierens gegen andere als *logische* auszeichnen? „Die Regeln des deduktiven Schließens werden gerechtfertigt durch die Übereinstimmung mit der anerkannten Praxis der Deduktion. Ihre Gültigkeit beruht auf der Übereinstimmung mit den speziellen deduktiven Schlüssen, die wir tatsächlich ziehen und anerkennen. Wenn eine Regel zu unannehmbaren Schlüssen führt, so läßt man sie fallen. ... Das sieht eindeutig zirkulär aus. ... Doch das ist ein guter Zirkel. Es ist eben so, daß sowohl die Regeln als auch die einzelnen Schlüsse gerechtfertigt werden, indem sie miteinander in Übereinstimmung gebracht werden. *Eine Regel wird abgeändert, wenn sie zu einem Schluß führt, den wir nicht anzuerkennen bereit sind; ein Schluß wird verworfen, wenn er eine Regel verletzt, die wir nicht abzuändern bereit sind.*“⁴⁴ Begründung und Aufbau der formalen Logik ist so verstanden Teil der intersubjektiv verantworteten Bemühung um Rationalität.

Anders als für FREGE, der sich scharf gegen jede „Psychologisierung“ der Logik wandte, ist es für das Bemühen der kognitiven KI, menschliche Intelligenz und Denkprozesse nachzubilden, sicher legitim und wohl auch nötig, herauszufinden, welche Rolle die formale Logik bei alltäglichen Schlußfolgerungen tatsächlich spielt. (Welche Logik wird, wenn überhaupt, benutzt, nur eine Aussagen- oder auch eine Prädikatenlogik, eine strikte, konstruktive oder klassische? Mit welchen formalen Mitteln wird unbewußt gearbeitet, sicher nicht axiomatisch-deduktiv, aber vielleicht mit Wahrheitswertanalysen oder nach dem Kalkül des natürlichen Schließens? Sind diese Fähigkeiten angeboren oder aus der Erfahrung gewonnen?) Gegen die (z. B. von Bärbel INHELDER und Jean PIAGET vertretene) These, daß wir beim Schlußfolgern eine Art innere formale Aussagenlogik anwenden, wendet sich beispielsweise Philip JOHNSON-LAIRD und führt als Beleg Experimente wie die folgenden an,⁴⁵ die sich auch gut im Unterricht durchführen lassen. Den Versuchspersonen werden vier beschriftete Karten



und die allgemeine Regel

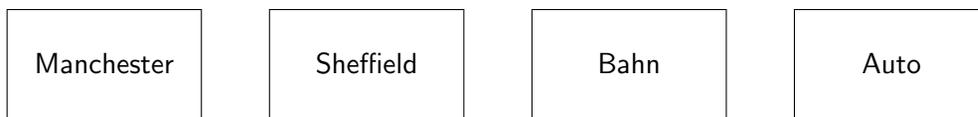
Wenn eine Karte auf der einen Seite einen Vokal hat, dann hat sie auf der anderen Seite eine gerade Zahl.

mit dem Hinweis vorgelegt, daß jede Karte auf einer Seite einen Buchstaben und auf der anderen eine Zahl hat, und ihre Aufgabe besteht darin, die Karten anzugeben, die

⁴⁴Nelson GOODMAN (1975), S. 86 f.

⁴⁵Vgl. P. N. JOHNSON-LAIRD (1983), S. 23 ff.

umgedreht werden müssen, um herauszufinden, ob die Regel wahr oder falsch ist. Fast alle Versuchspersonen nennen (zu Recht) die erste Karte, die meisten bemerken, daß die zweite Karte irrelevant ist, einige wählen (zu Unrecht) die dritte Karte, und nur sehr wenige wählen die vierte Karte, obwohl die Regel falsifiziert wäre, wenn sie auf der Rückseite einen Vokal hätte. Anders ist das Ergebnis, wenn beispielsweise die Karten



(auf beiden Seiten je eine Stadt und ein Verkehrsmittel) und die Regel

Jedesmal, wenn ich nach Manchester reise, nehme ich die Bahn.

vorgelegt werden: Nun sagen mehr als 60 % (gegenüber ca. 12 % bei dem abstrakten Material), daß die vierte Karte umgedreht werden muß, obwohl die beiden Probleme formallogisch gleich sind (vor einer formallogischen Problemlösung besteht selbstverständlich zunächst das Problem darin, die Regeln zu *verstehen* und in den unterschiedlichen Formulierungen *dieselbe logische Form zu erkennen*;⁴⁶ möglicherweise ist angesichts der bekannten Probleme mit Wenn-Dann-Verknüpfungen die Formulierung der zweiten Regel suggestiver). JOHNSON-LAIRD schließt daraus (und aus anderen Untersuchungen), daß unser Schlußfolgern auch bei solchen *formal* gleichen Problemstellungen nicht unabhängig von *inhaltlichen* Aspekten (z. B. Plausibilität, Vertrautheit und Relevanz des Problems, konkrete Beispiele aus der Erfahrung) ist und daß somit die These einer inneren formalen Logik als alleinige Grundlage für unsere deduktiven Schlußfolgerungen nicht haltbar ist. Unabhängig davon, wie man die von JOHNSON-LAIRD vorgeschlagene Lösung („Mentale Modelle“, vgl. unten S. 121) bewertet, kann man als Fazit sicher festhalten: „Betrachtungen der reinen Logik, ein Gebiet, das erst entstanden ist, nachdem sich unsere Überlebensmechanismen schon sehr lange ausgebildet hatten, mögen für bestimmte Informationen unter bestimm-

⁴⁶Dieser Punkt wird leider auch von Renate SEIDLER & Lorenz M. HILTY (1991) vernachlässigt, die dieses Beispiel von JOHNSON-LAIRD als Ausgangspunkt für eine Unterrichtseinheit zur KI nehmen. Als An-Spruch wird formuliert, ein Programm zu schreiben, „daß alle diese Aufgaben löst“; die Eingaben dieses Programms sollen „die sichtbaren Beschriftungen der Karten ... und der zu überprüfende Satz“ (die allgemeine Regel) sein, als Ausgabe soll „das Programm angeben, welche Karten umgedreht werden müssen“ (S. 54). Ein solches Programm wäre in der Tat interessant. Es wird dann aber ein etwas anderes Programm vorgestellt: Das Programm erzeugt nach Eingabe der aussagenlogischen *Formeln* $V, \neg V, G, \neg G$ anstelle der Beschriftung im ersten Beispiel zunächst die Konjunktionen der möglichen Kombinationen von Vorder- und Rückseite (also $V \wedge G, V \wedge \neg G$ für die erste Karte, $\neg V \wedge G, \neg V \wedge \neg G$ für die zweite, $G \wedge V, G \wedge \neg V$ für die dritte, $\neg G \wedge V, \neg G \wedge \neg V$ bei der vierten), dann wird für jede Karte überprüft, ob der Versuch, das Schlußschema mit jeweils einer dieser Formeln als Prämisse und der Konklusion $\neg(V \rightarrow G)$ als aussagenlogisch gültig nachzuweisen, zu jeweils unterschiedlichen Ergebnissen führt (es würde selbstverständlich reichen, daß er überhaupt gelingt). Falls das so ist, wird ausgegeben, daß die Karte umgedreht werden muß. Die Widerlegungsinstanz $\neg(V \rightarrow G)$ (bzw. $\neg(\neg V \vee G)$ bzw. $V \wedge \neg G$) ist als *Formel* im Programm fest vorgegeben, auf eine Herleitung im Programm wird ebenso verzichtet wie überhaupt auf eine Eingabe der zu prüfenden allgemeinen Regel (schon gar nicht als umgangssprachlicher Satz). Im anderen Zusammenhang und an anderer Stelle (S. 57) wird zu Recht angemerkt, „daß das eigentliche Problem darin besteht, von der umgangssprachlich beschriebenen Aufgabenstellung zu aussagenlogischen Formeln überzugehen.“

ten Umständen für bestimmte Leute nützlich sein. Aber Logik ist kein tragfähiges Modell dafür, wie die meisten Leute die meiste Zeit die meisten Probleme lösen.“⁴⁷

Ein zentrales (wenn nicht *das*) Problem der *technischen* KI z. B. bei „Expertensystemen“ (vgl. den Abschnitt 3.3 von Teil 1) ist es, das *Wissen* über ein bestimmtes Gebiet („Domäne“) so zu explizieren und zu formalisieren, daß über dieser „Wissensbasis“ formal operiert werden kann, um z. B. Schlußfolgerungen zu ziehen, Entscheidungen zu treffen, Anfragen zu beantworten; ein zentrales (wenn nicht *das*) Anliegen der *kognitiven* KI ist es, für diese Anwendung von Intelligenz und Denken allgemeine Modelle und Theorien zu entwickeln und sie durch Computerprogramme zu testen. Die „symbolischen Maschinen“ der formalen Logik und die KI sind damit „Schwestern im Geiste“ mit dem gemeinsamen Ziel, den rationalen Umgang mit den Repräsentationen von Wissen durch ganz „mechanische“ Verfahren zu erleichtern bzw. zu ersetzen. Insbesondere die „klassische“ Prädikatenlogik erster Stufe ist dabei für die KI von besonderem Interesse, weil sie im Gegensatz zu vielen anderen formalen Systemen über eine gut untersuchte, überschaubare Semantik⁴⁸ verfügt, die (bei entsprechenden Prämissen) die *Wahrheit* der Schlußfolgerungen garantiert. Um allerdings die („platonisch“ konzipierte, d. h. von lästigen Problemen wie Zeit, Speicherbedarf und Gedächtnisschwächen befreite) Prädikatenlogik in diesem Sinne als automatische „Deduktionsmaschine“ nutzen zu können, mußten zwei Probleme gelöst werden: die Unentscheidbarkeit und vor allem die „kombinatorische Explosion“ der zu prüfenden Formeln und möglichen Ableitungen. Seit Anfang der siebziger Jahre ist es gelungen, durch Einschränkungen und neu entwickelte Ableitungstechniken (Beschränkung auf endliche Gegenstandsbereiche, *Closed world assumption* (d. h. was nicht bekannt ist, ist falsch), Backtracking, Unifikation, Resolution) praktisch nutzbare Formalismen und Werkzeuge zu entwickeln, bekanntestes Beispiel ist die Programmiersprache PROLOG.

Das Vorhandensein einer erfolgreichen logischen Programmiersprache verführt möglicherweise dazu, unser Wissen über die „Welt“ und rationales Denken als adäquat mit den Mitteln der Prädikatenlogik und entsprechender Erweiterungen behandelbar anzusehen.⁴⁹ In voller Schärfe wird dieser schon seit den fünfziger Jahren von John MCCARTHY propagierte Ansatz innerhalb der KI von den „Logizisten“ vertreten. Ihr „Ansatz fußt auf zwei miteinander verwandten Thesen: Zum einen, lasse sich das von einem intelligenten Programm benötigte Wissen in einer bestimmten Form deklarativer Sätze ausdrücken, die vom späteren Verwendungszweck des Wissens mehr oder weniger unabhängig seien. Zum anderen beruhe das von einem intelligenten Programm durchgeführte Schlußfolgerungs-

⁴⁷Howard GARDNER (1989), S. 387. Im Umkreis dieser Zeilen diskutiert GARDNER nicht nur die Thesen von JOHNSON-LAIRD, sondern auch die Ergebnisse der hochinteressanten Untersuchungen von Daniel KAHNEMAN, Paul SLOVIC & Amos TVERSKY (1982), die zeigen, daß wir uns im Alltag auch bei induktiven und probabilistischen Schlüssen keineswegs immer an die entsprechenden Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung halten.

⁴⁸Gemeint ist die von CARNAP und TARSKI entwickelte modelltheoretische Semantik: die Bedeutung einer Variablen ist das durch sie bezeichnete Objekt, die Bedeutung eines Prädikatsymbols ist die dadurch bezeichnete Relation der Objekte, die Bedeutung einer Formel ist ihr Wahrheitswert (hier wird also „Bedeutung“ so wie bei FREGE verstanden (vgl. unten S. 99), nicht als „Sinn“). Gegen eine solche Referenzsemantik gibt es eine Reihe guter Einwände (vgl. auch das Kapitel A im Anhang), aber es gibt kaum Alternativen, die in gleicher Weise ein rein *formales* Operieren ermöglichen.

⁴⁹„These tools turn out to provide an elegant model of computation, just as powerful as, and in some cases prettier than, traditional models. Because you can use these tools to do any computation, and because their genesis in theorem provers, it is natural to draw the conclusion that any computation is in some sense deduction. It is difficult to refute the argument leading to this conclusion, because there is no argument as such, just vague associations among concepts.“ (Drew MCDERMOTT, (1990), S. 215)

verhalten auf logischen Operationen über diesen Sätzen.“⁵⁰

Die erste These (die innerhalb der Informatik als *deklarativer* Ansatz im Gegensatz zum *prozeduralen* steht) beinhaltet die Annahme, daß sich das gesamte benötigte (meist implizite) Wissen und Können ermitteln, explizieren und in den Formalismus der Prädikatenlogik (und auf ihr basierenden Erweiterungen) übersetzen läßt. Der praktische Nachweis dieser Annahme für hinreichend komplexe, realistische Gebiete steht aus und ihre grundsätzliche Gültigkeit wurde mit guten Gründen bestritten;⁵¹ das soll hier nicht weiter verfolgt werden. Die zweite These besagt im Grunde, daß die aus dieser „Wissensbasis“ (als „Axiome“) zu ziehenden Schlüsse im wesentlichen *deduktive* sind bzw. durch solche hinreichend gut angenähert werden können. Das wird von anderen ebenfalls heftig bezweifelt, und zwar nicht nur von KI-Gegnern, sondern auch innerhalb der KI.

Deduktive Schlüsse sind streng wahrheitserhaltend, weil sie im Grunde nur das explizieren können, was eh schon in den Prämissen steckt. Durch Deduktion kann man deshalb einen Überblick darüber gewinnen, welche Konklusionen aus gegebenen Prämissen hergeleitet werden können (aber das sind beliebig viele und die allermeisten sind völlig uninteressant), und man kann prüfen, ob der Schluß auf eine bestimmte Konklusion logisch gültig ist oder nicht (aber dazu muß man sie schon kennen); was man mit Deduktion nicht kann, ist zu entscheiden, welcher Schluß in einer bestimmten Situation *relevant* ist und welcher nicht und welcher Schluß vernünftigerweise gezogen werden *sollte*. Das steht im engen Zusammenhang mit dem sogenannten „Rahmenproblem“ (vgl. unten S. 147 und den Abschnitt 3.2 von Teil 1): „Und wenn wir dies durch Hinzufügung von Relevanzaxiomen zu ändern versuchen, erzeugen wir immer noch all die unerwünschten Theoreme und zusätzlich ärgerliche Aussagen über deren Irrelevanz.“⁵²

Deduktive Logikkalküle wie die Prädikatenlogik sind *monoton*, d. h. Schlüsse aus einer Menge von Prämissen können nicht falsch werden, wenn diese Prämissen um neue erweitert werden. So schließen wir im Alltag offensichtlich nicht, wenn wir denken, daß ein Wagen dort steht, wo wir ihn geparkt haben, und auch der wissenschaftliche Fortschritt ist ohne Revisionen nicht möglich. Im Alltag und in den Wissenschaften schließen wir meist nicht deduktiv, sondern *induktiv* oder *abduktiv* (nach dem deduktiv nicht gültigen Muster: „Der Patient hat gelbe Augen; wenn man eine Leberentzündung hat, bekommt man gelbe Augen; also hat der Patient wohl eine Leberentzündung“). Trotz intensiver Bemühungen ist es bisher nicht gelungen (und viele bezweifeln, daß es überhaupt möglich ist), befriedigende nicht-monotone, induktive oder abduktive Logikkalküle zu entwickeln, mit denen sich auf *logische* Weise Fragen beantworten ließen wie: Wie viele Beispiele rechtfertigen unter welchen Umständen eine allgemeine Regel? Was genau ist angesichts welcher empirischer Daten eine befriedigende Erklärung? Was ist bloß eine Anomalie, was ein falsifizierendes Gegenbeispiel?⁵³

⁵⁰Michael R. GENESERETH & Nils J. NILSSON (1989), S. 9. Das erinnert stark an das Frühwerk von Rudolf CARNAP (vgl. den Abschnitt 3.5 von Teil 2); „in vielerlei Hinsicht ist die Geschichte der künstlichen Intelligenz eine Wiederholung der Geschichte des logischen Positivismus (das zweite Mal vielleicht als Farce).“ (Hilary PUTNAM (1996), S. 264, Fn. 14)

⁵¹Vgl. z. B. H. L. DREYFUS (1985), WINOGRAD & FLORES (1989). Diese Kritik betrifft darüber hinaus den symbolverarbeitenden Ansatz der KI insgesamt (vgl. unten den Abschnitt 242).

⁵²Marvin MINSKY (1992), S.127.

⁵³„This state of affairs does not stop us from writing medical-diagnosis programs. But it does keep us from understanding them. There is no independent theory to appeal to that can justify the inferences a program makes. [...] There is an optimistic way and a pessimistic way to view the situation. The pessimistic

Eine einigermaßen seriöse Behandlung der in diesem Kommentar angedeuteten philosophischen Probleme der formalen Logik würde sicher ein ganzes Semester umfassen (vgl. GOLECKI (1980)), hinzu kämen die aus dem Umkreis der Psychologie und der KI, und eine Einführung in die Prädikatenlogik als formalisierte Sprache ist sehr aufwendig. Was man machen kann – und dazu diene dieser Exkurs im Rahmen des Unterrichtsmoduls –, ist exemplarisch am Beispiel der Aussagenlogik eine formalisierte Sprache mit ihrer Pragmatik, Semantik und Syntax vorzustellen und ihre Leistungen und Grenzen mit der natürlichen Sprache zu vergleichen. Mikroskop und Teleskop lassen uns Dinge sehen, die wir mit bloßem Auge nicht sehen könnten, aber sie engen das Blickfeld auch arg ein (und ohne Auge hätten sie gar keinen Wert).

5 Formale Grammatiken

Unterrichtsskizze

Nach einer Erinnerung an die Ergebnisse des ersten Unterrichtselementes und einem Hinweis darauf, daß eine Darstellung als formales System Voraussetzung für die Bearbeitung durch einen Computer ist, wurde ein einfaches Beispiel für eine *Formale Grammatik* gegeben (vgl. Kasten⁵⁴) und kurz der sprachwissenschaftliche Hintergrund erläutert. Danach wurden Beispiele für nach dieser formalen Grammatik ableitbare und nicht ableitbare Sätze untersucht.

Nach der Einführung von Baumdiagrammen als Hilfsmittel zur übersichtlicheren Darstellung von Ableitungen und Beziehungen wurde der praktische Nutzen formaler Grammatiken bei der maschinellen Sprachverarbeitung (*Parsing*; vgl. den Kasten auf S. 36) und speziell bei der automatischen Übersetzung besprochen:

- die syntaktische Struktur von Sätzen gemäß einer formalen Grammatik kann analysiert und zur weiteren Verarbeitung genutzt werden
- dabei lassen sich gewisse (z. B. lexikalische) Ambiguitäten eines Satzes aufklären und andere können präzise beschrieben und zur weiteren Aufklärung an semantische und pragmatische Analyseprogramme weitergereicht werden
- bei der Generierung von Sätzen in der Zielsprache können die in den Knoten repräsentierten Informationen und grammatikalische Unterschiede berücksichtigt werden (z. B. $\langle \text{NP} \rangle ::= \langle \text{N} \rangle \langle \text{Adj} \rangle$ statt $\langle \text{NP} \rangle ::= \langle \text{Adj} \rangle \langle \text{N} \rangle$ in romanischen Sprachen)

view is that AI researchers are merely being naïve about their chances, buoyed by simple ignorance of the past failures of philosophers. The reason why we cannot extract theories from our programs is that there are no theories to extract. [...] The optimistic view, of course, is that AI researchers can make much faster progress than all those philosophers because we are equipped with ‘powerful ideas’ they didn’t have, especially the idea of sophisticated autonomous computation. I hope this is right.“ (Drew McDERMOTT (1990), S. 226 f.)

⁵⁴Die Darstellung in der BACKUS-NAUR-Form ist entbehrlich, aber, da die Syntax von Programmiersprachen häufig in dieser Form angegeben wird, im Hinblick auf späteren Unterricht durchaus sinnvoll.

Formale Grammatiken

Unter formalen Grammatiken versteht man spezielle formale Systeme mit zwei Bedingungen:

- das Alphabet ist aufgeteilt in *terminale* und *nichtterminale* Symbole,
- es gibt genau ein Anfangssymbol.

Beispiel:

Alphabet:	A_{NT} :	$\langle S \rangle, \langle NP \rangle, \langle VP \rangle, \langle AdjP \rangle, \langle Det \rangle, \langle N \rangle,$ $\langle V \rangle, \langle Adj \rangle$
	A_T :	die, das, Auto, Kaninchen, Katze, Maus, frißt, jagt, liebt, sieht, braune, große, schnelle, schwarze
Anfang:		$\langle S \rangle$
Regeln:		$\langle S \rangle ::= \langle NP \rangle \langle VP \rangle$ $\langle NP \rangle ::= \langle Det \rangle \langle N \rangle \langle Det \rangle \langle AdjP \rangle \langle N \rangle$ $\langle VP \rangle ::= \langle V \rangle \langle V \rangle \langle NP \rangle$ $\langle AdjP \rangle ::= \langle Adj \rangle \langle AdjP \rangle \langle Adj \rangle$ $\langle Det \rangle ::= \text{die} \text{das}$ $\langle N \rangle ::= \text{Auto} \text{Kaninchen} \text{Katze} \text{Maus}$ $\langle V \rangle ::= \text{frißt} \text{jagt} \text{liebt} \text{sieht}$ $\langle Adj \rangle ::= \text{braune} \text{große} \text{schnelle} \text{schwarze}$

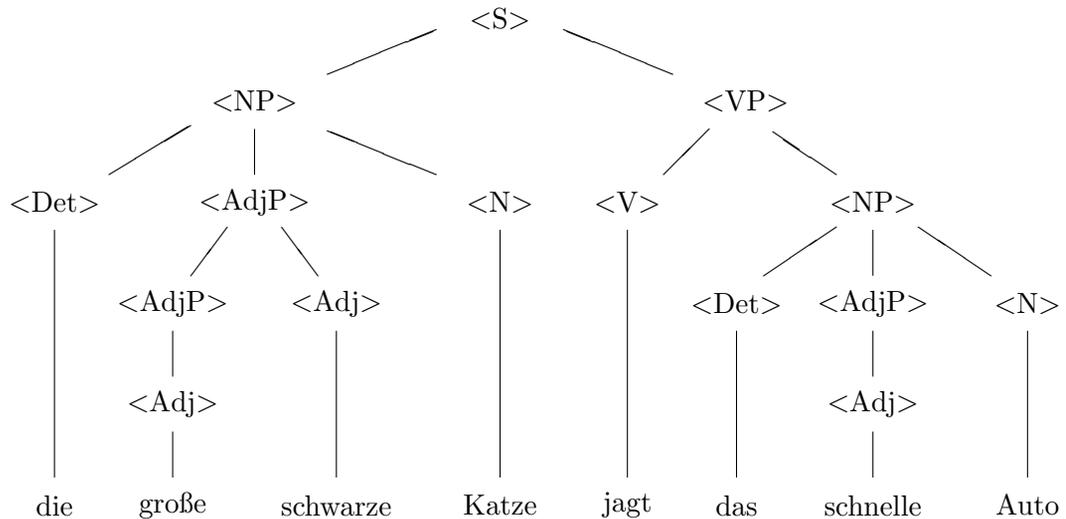
Die Schreibweise der Regeln folgt hier der in der Informatik viel verwendeten BACKUS-NAUR-Form: Die nichtterminalen Symbole werden durch spitze Klammern gekennzeichnet, statt des Regelpfeils wird ::= verwendet, die senkrechten Striche teilen mögliche Alternativen ab ($\langle Det \rangle$ läßt sich hier z. B. durch „die“ oder „das“ ersetzen).

Nach diesen Regeln läßt sich beispielsweise „die große schwarze Katze jagt das schnelle Auto“ ableiten, nicht aber „braune Katze liebt schwarze Maus“ (Übungsaufgabe!).

Die Idee, die Grammatik einer Sprache durch ein System formaler Regeln anzugeben, mit denen sich alle syntaktisch korrekten Sätze schrittweise aus bestimmten Strukturelementen (Phrasen) erzeugen (generieren) lassen, geht auf den amerikanischen Sprachwissenschaftler Noam CHOMSKY zurück (man bezeichnet solche Grammatiken auch als *Generative Phrasen-Struktur-Grammatiken* oder *Chomsky-Grammatiken*). Von ihm wurden hier auch die nichtterminalen Symbole übernommen (sie stehen für Satz, Nominalphrase, Verbalphrase, Adjektivphrase, Artikel, Nomen, Verb, Adjektiv; das ist allerdings nur eine Erklärung für *uns*, für das schematische Operieren mit diesen Regeln – z. B. durch eine Maschine – ist diese Bedeutung und die Wahl der Symbole völlig gleichgültig).

Baumdiagramme

Die syntaktische Struktur eines Satzes gemäß einer formalen Grammatik läßt sich (für uns Menschen) besonders übersichtlich in einem *Baumdiagramm* darstellen:



Parser

Formale Grammatiken haben mehrere Funktionen:

- durch sie wird die Menge aller syntaktisch korrekten Sätze festgelegt,
- es lassen sich – z. B. bei Antworten oder Übersetzungen – maschinell syntaktisch korrekte Sätze erzeugen,
- durch „Rückwärtsanwenden“ der Regeln läßt sich durch eine Maschine prüfen, ob ein Satz syntaktisch korrekt ist und welche syntaktische(n) Struktur(en) er hat.

Programme für diesen letzten Punkt heißen *Parser*. Sie spielen außer bei der Analyse natürlicher Sprachen auch beim Interpretieren und Kompilieren von Programmiersprachen eine große Rolle.

Der große Vorteil einer Strukturanalyse gemäß einer formalen Grammatik z. B. beim maschinellen Übersetzen liegt darin, daß auch die Zwischenergebnisse (die Knoten im Baum) zur weiteren Verarbeitung gespeichert werden können. Dadurch lassen sich eine Reihe lexikalischer Mehrdeutigkeiten (Floh, Macht ...) aufklären, andere und auch strukturelle Mehrdeutigkeiten lassen sich genauer aufdecken und zur Weiterverarbeitung an andere Programmteile (Semantik- und Pragmatikanalyse) weiterreichen.

Die Aussagenlogik als formalisierte Sprache

Syntax:

Alphabet:	A_{NT} :	$\langle \text{WFF} \rangle, \langle \text{TF} \rangle, \langle \text{AV} \rangle$
	A_T :	$\neg, \vee, \wedge, \rightarrow, P', (,)$
Anfang:		$\langle \text{WFF} \rangle$
Regeln:	$\langle \text{WFF} \rangle$	$::= \langle \text{TF} \rangle$
	$\langle \text{TF} \rangle$	$::= \neg \langle \text{TF} \rangle (\langle \text{TF} \rangle \vee \langle \text{TF} \rangle) (\langle \text{TF} \rangle \wedge \langle \text{TF} \rangle) $ $(\langle \text{TF} \rangle \rightarrow \langle \text{TF} \rangle) \langle \text{AV} \rangle$
	$\langle \text{AV} \rangle$	$::= \langle \text{AV} \rangle' P$

Axiome(nschemata):

- Ax1: $(a \rightarrow (b \rightarrow a))$
Ax2: $((a \rightarrow (b \rightarrow c)) \rightarrow ((a \rightarrow b) \rightarrow (a \rightarrow c)))$
Ax3: $((\neg a \rightarrow \neg b) \rightarrow (b \rightarrow a))$

(a, b, c sind Mitteilungszeichen für beliebige WFF)

Ableitungsregeln:

- RDed: $A, (A \rightarrow B) \rightarrow B$
 R_\vee $(\neg A \rightarrow B) \rightarrow (A \vee B)$
 R_\wedge $\neg(A \rightarrow \neg B) \rightarrow (A \wedge B)$

(A, B sind Mitteilungszeichen für beliebige schon abgeleitete Figuren)

Mit diesen Axiomen und Regeln lassen sich nun *alle* und *nur* die *Tautologien* der Aussagenlogik ableiten.

Ein Beispiel für eine Ableitung:

- | | | |
|-----|--|-------------|
| (1) | $(\neg P \rightarrow (P' \rightarrow \neg P))$ | Ax1 |
| (2) | $(\neg P \rightarrow ((P' \rightarrow \neg P) \rightarrow \neg P))$ | Ax1 |
| (3) | $((\neg P \rightarrow ((P' \rightarrow \neg P) \rightarrow \neg P)) \rightarrow ((\neg P \rightarrow (P' \rightarrow \neg P)) \rightarrow (\neg P \rightarrow \neg P)))$ | Ax2 |
| (4) | $((\neg P \rightarrow (P' \rightarrow \neg P)) \rightarrow (\neg P \rightarrow \neg P))$ | RDed (2, 3) |
| (5) | $(\neg P \rightarrow \neg P)$ | RDed (1, 4) |
| (6) | $(P \vee \neg P)$ | R_\vee |

Anmerkung: Es gibt eine ganze Reihe unterschiedlicher Möglichkeiten für die Formalisierung der Aussagenlogik. In der Praxis spielen vor allem eine große Rolle Systeme ohne Axiome, nur mit Ableitungsregeln, mit deren Hilfe sich prüfen läßt, ob gegebene Prämissen eine bestimmte Konklusion logisch implizieren.

Mit Hinweis auf die ableitbaren und unableitbaren Sätze der zu Beginn gegebenen formalen Grammatik und darauf, daß neben sinnvollen Sätzen auch sinnlose und ungrammatische abgeleitet werden können, wurden einige Zusatzaufgaben gegeben:

Wie lassen sich Alphabet und Regeln so verändern bzw. erweitern, daß

- *die Maus sieht die Katze*
aber nicht
das Maus sieht das Katze

- *die Katzen jagen die Maus*
aber nicht
die Katze jagen die Maus
- *das Kaninchen sieht das Auto*
aber nicht
das Auto sieht das Kaninchen

ableitbar sind?

Bei der Lösung der Aufgaben (Einführung von Symbolen und Regeln, bei denen auch nach Genus, Numerus, Kasus usw. und nach Merkmalen wie „belebt“, „unbelebt“ unterschieden wird⁵⁵) wurde schnell deutlich, daß eine formale Grammatik, mit der man einen hinreichend großen Ausschnitt einer natürlichen Sprache angemessen analysieren und generieren kann, über sehr viele und auch recht komplizierte Regeln sowie über ein umfangreiches Wörterbuch mit nach vielen Kriterien aufgeschlüsselten Einträgen verfügen muß. Als Beispiel für einen kleinen Teil daraus wurden die Seiten 112 und 140 f. aus CHOMSKY (1969) im Unterricht vorgestellt.⁵⁶

Kommentar

Vieles, wenn nicht das meiste, zur zeitgenössischen Theorie der Syntax natürlicher Sprachen geht auf Noam CHOMSKY zurück oder entstand in der Auseinandersetzung mit ihm; selten ist die Entwicklung einer Disziplin so sehr durch eine Person bestimmt worden. Ab Ende der fünfziger Jahre wandte er sich radikal gegen die herrschenden empiristischen Ansätze in der Sprachwissenschaft, gegen den „taxonomischen Strukturalismus“, und gegen die behavioristischen Theorien des Spracherwerbs mit ihren Erklärungsmustern von Imitation und Verstärkung (s. u. S. 118). Ausgangspunkt war für ihn der „kreative“ Aspekt der Sprache, nämlich „daß sie die Mittel bereithält zum Ausdruck beliebig vieler Gedanken und zu angemessenen Reaktionen in beliebig vielen neuen Situationen“, und die Tatsache, daß schon Kinder, auch ohne besonderen Unterricht, aus aufgeschnappten „Fragmenten und abweichenden Ausdrücken verschiedenster Art“ völlig neue, nie gehörte Sätze bilden, *generieren*, können, und zwar grammatisch völlig korrekt, somit „anscheinend die Fähigkeit besitzen, eine generative Grammatik zu ‚erfinden‘, die Wohlgeformtheit definiert und den Sätzen Interpretationen zuschreibt“.⁵⁷

Für CHOMSKY zeigten Sätze wie „*Farblose grüne Ideen schlafen wütend*“ deutlich, daß wir völlig unabhängig von der Bedeutung über die Fähigkeit verfügen, die Grammatikalität eines Satzes zu beurteilen. Er glaubte an die weitgehende Autonomie der Syntax und plädierte deshalb für eine Konzentration der Linguistik auf die Syntax unter Vernachlässigung semantischer und pragmatischer Aspekte.⁵⁸ Sein Interesse galt dabei nicht

⁵⁵Vgl. z. B. Günther GREWENDORF, Fritz HAMM & Wolfgang STERNEFELD (1987), S. 185 ff.

⁵⁶Da es sich um einen Teil der *Basis*-Komponente handelt, fehlen hier Markierungen für Genus, Kasus usw. „Semantische“ Markierungen wie „belebt“ oder „zählbar“ im Lexikon gehören für CHOMSKY zur Syntax im engeren Sinne, weil z. B. Konstruktionen wie *the man which ...* oder *the book who ...* ungrammatisch sind.

⁵⁷Noam CHOMSKY (1969), S. 16 und 250.

⁵⁸„Man kann hier die gar nicht müßige Spekulation anschließen, wie sich die moderne Linguistik wohl entwickelt hätte, wenn es CHOMSKYS Ziel gewesen wäre, nicht die Belanglosigkeit der Bedeutung für das

den tatsächlichen, häufig fehlerhaften Äußerungen, der *Sprachverwendung* (*performance*) als aktueller Gebrauch der Sprache in konkreten Situationen, sondern der *Kompetenz*, und zwar der „immanenten Sprachkompetenz des idealen Sprecher-Hörers.“ Dabei handelt es sich allerdings um mentale Prozesse, „die weit jenseits der Stufe aktueller oder selbst potentieller Bewußtheit liegen“. Eine *generative Grammatik* ist dann die Analyse und Beschreibung dieser Kompetenz durch ein „Regelsystem, das auf explizite Weise Sätzen Struktur-Beschreibungen zuordnet“, mit „Regeln, die die wohlgeformten Ketten kleinster syntaktisch fungierender Einheiten spezifizieren“. ⁵⁹

Eine generative Grammatik war damit für CHOMSKY buchstäblich ein *Mechanismus* zur regelgeleiteten Erzeugung von Zeichenreihen nach dem Vorbild von Logik und Mathematik (z. B. POSTsche Produktionen, Semi-THUE-Systeme; der Kreativität der Sprache mit ihrer unbegrenzten Menge möglicher Sätze wird dabei u. a. durch *rekursive* Regeln wie die für <AdjP> im Kasten auf S. 35 Rechnung getragen). Er betonte nachdrücklich den Wert formaler und deduktiver Methoden für eine Theorie der Syntax und entwickelte eine Hierarchie der generativen Mächtigkeit formaler Grammatiken je nach bestimmten Einschränkungen für die Regeln und – das machte es für die Informatik besonders interessant – jeweils mit der Äquivalenz zu bestimmten Typen von Automaten. ⁶⁰ Er zeigte insbesondere, daß eine damals, auch von behavioristischer Seite, vorgeschlagene *Finite-State-Grammatik* (bei der grob gesagt der weitere Fortgang eines Satzes nur durch das bisher letzte Wort eingeschränkt wird) inadäquat ist, weil mit ihr (beliebig tiefe) Einbettungen wie „*Ich traf den Mann, der dir das Buch, das du gerade ... liest, schenkte*“ nicht erzeugt werden können. Da kontextfreie Grammatiken (wie das hier im Unterricht vorgestellte Beispiel) formal viel durchsichtiger und algorithmisch viel handhabbarer sind als kontextsensitive, ist es seitdem ein viel diskutiertes Problem, ob mit kontextfreien Grammatiken alle (und nur die) grammatischen Sätze einer natürlichen Sprache erzeugt werden können. ⁶¹

Satzhaft-Sein, sondern die Belanglosigkeit des Satzhaft-Seins für die Bedeutung aufzuzeigen. Hätte er beispielsweise dem ‚Satz‘ *Colorless green ideas sleep furiously* den Nicht-Satz *Ich essen gerner Fleisch braten* gegenübergestellt, so hätte man jedenfalls die vielleicht doch nachdenklich stimmende Erfahrung machen können, daß die zuletzt genannte Wortfolge kommunikativ eher ‚etwas sagt‘ als die Vorletzte.“ (Hans HÖRMANN (1976), S. 63.)

⁵⁹CHOMSKY (1969), S. 15, 19 und 13. Später unterscheidet er zwischen „grammatischer Kompetenz“ als „kognitiven Zustand“, als „Teilsystem des menschlichen Geistes ... , das *Repräsentationen* der Form und der Bedeutung aufeinander bezieht“, und der „pragmatischen Kompetenz“ als „System konstitutiver *Regeln*“, um „gewisse Ziele und Zwecke verfolgen zu können“ (CHOMSKY (1981), S. 65 f., Hervorhebungen von mir).

⁶⁰Für eine detaillierte Darstellung sei auf Lehrbücher zur Mathematischen Linguistik oder zur Automatentheorie verwiesen, z. B. Maurice GROSS & André LENTIN (1971) oder Jürgen ALBERT & Thomas OTTMANN (1983); für eine Aufbereitung als Unterrichtsskript vgl. Stephan HOLZ (1994); sehr hilfreich ist die (auf natürliche Sprache bezogene) Darstellung von Philip N. JOHNSON-LAIRD (1983), S. 266 ff. So viel in Kürze: *Kontextfreie* Grammatiken (Kennzeichen: in jeder Regel steht links genau ein Nichtterminalsymbol und sonst nichts, sie entsprechen nichtdeterministischen Kellerautomaten) können Zeichenreihen der Form *abcde...edc* erzeugen, die Grammatiken der untersten Hierarchiestufe (*rechts-* bzw. *linkslin*ear, entsprechen endlichen Automaten) können das nicht. Kontextfreie Grammatiken können keine Zeichenreihen der Form *abcde...cde...* erzeugen, dazu sind *kontextsensitive* Grammatiken nötig. Damit sind speziell auch jeweils Einbettungen von Satzteilen und ihr Bezug zueinander eingeschränkt. Die kontextsensitiven (hier gibt es keine Regeln, die eine Verkürzung der Zeichenreihen erlauben) Grammatiken und die tieferen Stufen erzeugen *entscheidbare* Sprachen, d. h. es kann bei jedem Satz ganz mechanisch festgestellt werden, ob er grammatisch ist oder nicht. Die uneingeschränkten Grammatiken sind so mächtig wie die TURING-Maschinen (vgl. Abschnitt 4 von Teil 2) und somit nicht mehr entscheidbar, wohl aber, als formale Systeme, selbstverständlich (rekursiv) *aufzählbar* (in der Informatik lese und höre ich dafür zunehmend den Begriff *semi-entscheidbar*; ob das sinnvoller ist als *semi-schwanger*, sei dahingestellt).

⁶¹Bestimmte Konstruktionen im Schwyzertütsch sprechen dagegen. Dort sind Sätze wie (übertragen ins

Mit der generativen Grammatik wollte CHOMSKY Sätzen eine eindeutige Struktur-Beschreibung zuordnen und die Mehrdeutigkeit von Sätzen wie „*Flying planes can be dangerous*“ oder „*The shooting of the hunters disturbed me*“ durch unterschiedliche Struktur-Beschreibungen auflösen. Das geht im Prinzip auch mit einer reinen Phrasen-Struktur-Grammatik (gewisse Probleme gibt es mit sogenannten diskontinuierlichen Konstituenten wie „*Er wird Dich morgen anrufen*“), aber CHOMSKY störte daran, daß dabei erstens eine ungeheuer große Zahl von Regeln nötig ist, daß zweitens viele dieser Regeln (z. B. zur Bindung von Genus oder Numerus) sehr ähnlich sind und so eine hohe Redundanz erzeugt wird, daß weiter viele oberflächlich recht unterschiedliche Sätze wie „*John schlägt Peter*“ und „*Peter wird von John geschlagen*“ die gleiche Bedeutung haben (aber nicht z. B. „*Biber bauen Dämme*“ und „*Dämme werden von Bibern gebaut*“), daß schließlich oberflächlich sehr ähnliche Sätze wie „*John is eager to please*“ und „*John is easy to please*“ oder „*I persuaded John to leave*“ und „*I expected John to leave*“ eine sehr unterschiedliche *Tiefenstruktur* haben. Um solche Gemeinsamkeiten und Unterschiede adäquater beschreiben und erklären zu können, hat CHOMSKY eine *Generative Transformationsgrammatik* entwickelt, bei der zwischen einer relativ einfach zu erzeugenden Basis-Komponente (Tiefenstruktur) und der daraus durch spezielle Transformationsregeln (durch sie werden nicht einzelne Symbole, sondern ganze Bäume transformiert, um aus derselben Tiefenstruktur z. B. Aktiv-, Passiv- oder Fragesätze zu erzeugen) generierten Oberflächenstruktur unterschieden wird.⁶²

Noch deutlicher als früher betont CHOMSKY in jüngeren Arbeiten, daß er die Linguistik „als Teil der Psychologie“ versteht, im Sinne einer Psychologie, die sich befaßt „mit den Fähigkeiten des Menschen, zu handeln und Erfahrungen zu verarbeiten, sowie mit den mentalen Strukturen, die diesen Fähigkeiten und ihrer Anwendung zugrunde liegen“, wobei sich die Linguistik „auf einen spezifischen kognitiven Bereich und ein spezifisches geistiges Vermögen konzentriert, nämlich auf das Sprachvermögen.“ Das Sprachvermögen ist für CHOMSKY eine angeborene und artspezifisch menschliche Fähigkeit, und nur im Rahmen dieser Vorgaben wird durch das Aufwachsen in einer Sprachgemeinschaft „im Individuum nach einem intrinsisch vorherbestimmten Verlauf unter dem auslösenden Einfluß des angemessenen sozialen Austauschs, und teilweise durch die Umwelt geformt,“ gleichsam als Parameter, die Kompetenz für eine spezielle natürliche Sprache entwickelt. Aber trotz vieler Bezüge auf DESCARTES ist für ihn der menschliche Geist „ein festgelegtes *biologisches*

Standard-Deutsche) *Jan sagte, daß wir die Kinder dem Hans das Haus ließen helfen anstreichen* – also in der Art $abc_1 d_1 e_1 c_2 d_2 e_2$ usw. – möglich (vgl. Manfred KRIFKA (1986)).

⁶²CHOMSKY (1969, S. 83 ff.) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen *schwacher* und *starker generativen Kapazität* einer Grammatik. Danach geht es nicht nur um das Generieren einer bestimmten Menge von Sätzen (schwache Kapazität), sondern auch von einer Menge von Struktur-Beschreibungen (starke Kapazität), bei der die Transformationsgrammatik anderen Konzepten überlegen sei.

Inzwischen wurde dieser Ansatz von CHOMSKY und seinen Schülern durch die Einführung von übergeordneten Prinzipien, Restriktionen und „Bindungen“ mehrfach modifiziert (*Government-and-Binding-Theorie*), die Transformationen wurden weitgehend aufgegeben, nun gibt es Konstituentenverschiebungen durch einen Operator *move- α* (und dabei wurden auch Elemente von konkurrierenden Ansätzen – z. B. *Dependenzgrammatik* oder *Lexikalisch-Funktionale Grammatik* – teilweise übernommen). Zu neueren Entwicklungen wie *thematische Rollen*, *X-bar-Schema* und *Kopf-Prinzip* (im Satz „Die Katze jagt die braune Maus“ ist „Maus“ der „Kopf“ der Nominalphrase „die braune Maus“) vgl. GREWENDORF, HAMM & STERNEFELD (1987), S. 190 ff., und – „kognitiv gewendet“ – Jörg KELLER & Helen LEUNINGER (1993).

Ein vereinfachtes Beispiel für die Transformation eines Satzes wie „Der Hund jagt die Katze“ ins Passiv ist die Regel $NP_1 + V + NP_2 \Rightarrow NP_2 + AUX + vom + N_1 + geV$ (solche Regeln für die Transformationen von Aussage- in Fragesätze wurden so ähnlich auch bei ELIZA benutzt, vgl. im Unterrichtsmodul 1 den Abschnitt 1).

System mit intrinsischer Reichweite und Beschränkung.“ Linguistik wird damit zu einem Teil der Biologie des Menschen, aber auf einer ganz anderen Ebene als z. B. die Neurophysiologie. Auch in der Linguistik will er den „Galileischen Stil“ einführen, indem man wie in der Physik bereit ist, „weitreichende Idealisierungen vorzunehmen und abstrakte“, insbesondere mathematische „Modelle zu erstellen, die als aufschlußreicher angesehen werden als die alltägliche Welt der Sinneseindrücke“, mit dem Ziel einer „*Universalgrammatik*, konzipiert als Theorie von den biologisch notwendigen Eigenschaften der menschlichen Sprache“ (und daran gemessen muß für CHOMSKY eine Grammatik nicht nur *beschreibungsadäquat* sein, d. h. alle und nur die Sätze einer Sprache zusammen mit den Strukturen beschreiben, sondern auch *erklärungsadäquat*, also die Auswahl einer speziellen Grammatik auf Grund gelernter Sätze aus dem allgemeinen menschlichen Sprachvermögen erklären). Dabei vertritt er die These, daß „der Geist eine hochdifferenzierte Struktur mit ziemlich getrennten Teilsystemen ist“, somit „*modularen* Charakter hat, also ein System von distinkten, aber zusammenspielenden Systemen ist“. Nach CHOMSKY können wir uns das Vermögen für „die menschliche Sprache mit ihrer diskreten Unendlichkeit bedeutungsvoller Ausdrücke“ wie „das Zahlenvermögen u. a. als ‚*mentale Organe*‘ vorstellen, analog dem Herzen oder dem visuellen System oder dem System der motorischen Koordination.“⁶³

Dieser (zugegebenermaßen recht komplexe) sprachphilosophische und ideengeschichtliche Hintergrund formaler Grammatiken sollte bei einer ausführlicheren Behandlung im Unterricht m. E. eine mindestens ebenso große Rolle spielen wie z. B. die CHOMSKY-Hierarchie formaler Grammatiken und ihre Verbindung zur Automatentheorie (wobei deren *spätere* Behandlung im Rahmen des Parsens von Programmiersprachen oder der theoretischen Informatik durchaus sinnvoll sein kann). Hier (und im Unterricht wohl erst recht nicht) können allerdings die weitverzweigten Debatten nicht im Detail dargestellt werden, die durch das Werk von CHOMSKY ausgelöst wurden. Kontrovers sind nach wie vor u. a. folgende Punkte:

- die programmatische Betonung der Kompetenz gegenüber der Performanz, d. h. gegenüber der tatsächlichen Verwendung von Sprache in bestimmten Situationen
- die relative Autonomie des Syntax gegenüber Semantik und Pragmatik
- die (im gewissen Sinne *zu* mächtigen) Transformationsregeln als zentrales Konzept einer Grammatik
- die kognitive Adäquatheit, d. h. die Frage, ob auch die tatsächlichen Prozesse beim Verstehen und Erzeugen von Sprache angemessen beschrieben und erklärt werden
- die These von der Modularität des Geistes
- die These der allen menschlichen Sprachen zugrundeliegenden Universalgrammatik
- die These der Angeborenheit der Universalgrammatik

Vor allem aus der Diskussion der ersten Punkte entstanden in der Linguistik Grammatiken, die sich weniger – wie CHOMSKY – an der *Form*, sondern mehr an der *Funktion* (z. B. Prädikations- und Kommunikationshandlungen) von Sprache orientieren. Entsprechend

⁶³CHOMSKY (1981), S. 11 f., 51, 14, 17, 36, 34, 35, 45 f. (Hervorhebungen von mir).

spielen auch die Funktionen der Satzteile (Subjekt, Prädikat usw.) und dabei bestehende Abhängigkeiten (z. B. die „Valenz“ eines Verbes, d. h. Art und Anzahl der obligatorischen und fakultativen Ergänzungen) eine größere Rolle, das Lexikon mit entsprechenden Merkmalen und zusätzliche einschränkende Operationen auf diesen Merkmalen erhalten ein größeres Gewicht als bei einem nur an Kategorien orientierten Ansatz, die Grenzen zwischen Syntax, Semantik und Pragmatik werden bewußt weniger scharf gezogen. Beispiele für diesen Trend sind die von Charles FILLMORE in seiner Kasusgrammatik vorgeschlagenen *semantischen Rollen* (z. B. *Agent, Objekt, Instrument, Quelle, Ziel*; auch *Tiefenkasus* genannt)⁶⁴, die von Gerald GAZDAR entwickelte *Generalisierte Phrasenstrukturgrammatik*⁶⁵ und die Arbeiten von Joan BRESNAN, Roland M. KAPLAN und anderen an einer *Lexikalisch-Funktionalen Grammatik*⁶⁶ (daneben gibt es außerdem in der Logik und Philosophie eine Reihe von Formalismen zur *logisch-syntaktischen* Analyse der Sprache im (semantischen und pragmatischen) Interesse an z. B. exakten Definitionen und korrekten Schlußfolgerungen⁶⁷).

Obwohl CHOMSKYS Interesse sich nicht auf eine Simulation der menschlichen (und nach seiner Theorie einzigartigen, artspezifischen und biologisch fundierten) Sprachfähigkeiten durch Computer richtete und er in Bezug auf die Realisierung eher skeptisch war,⁶⁸ obwohl sein spezieller Ansatz einer Transformationsgrammatik dabei nur eine geringe Rolle spielte, ermutigte und beförderte sein Werk dennoch trotz aller Einwände sowohl die technisch als auch die kognitiv orientierten Arbeiten in der KI zum Sprachverstehen ganz erheblich, weil⁶⁹

- er natürliche Sprache als formales generatives System darstellte (wie es Programmiersprachen mathematisch gesehen auch sind) und so die Basis zur Formalisierung der Sprache schuf;
- er dabei das für die Informatik grundlegende Konzept der Rekursion verwendete;
- er den Glauben an eine (gegenüber Semantik und Pragmatik) relativ autonome Syntax bzw. an eine Behandlung von Teilen dieser Bereiche als syntaktische stärkte.

⁶⁴Vgl. für eine kurze Darstellung z. B. Wolfgang WAHLSTER (1982), S.245 f.

⁶⁵Vgl. GÖRZ (1993), S. 541 ff.

⁶⁶Vgl. GÖRZ (1988), S. 39 ff. und 137 ff.

⁶⁷Vgl. z. B. die an Arbeiten von Richard MONTAGUE orientierte *logische Grammatik* bei Franz von KUTSCHERA (1975, S. 222 ff.) und die der Tradition der „Erlanger Schule“ verpflichtete *Rationale Grammatik* bei Carl Friedrich GETHMANN & Geo SIEGWART (1991, 571 ff.). Man sieht, *die* Grammatik gibt es nicht, die Wahl hängt von den theoretischen und praktischen Interessen ab und von den Problemen, auf die man dabei stößt: „Hat man einmal eingesehen, daß gebrauchssprachliche Gebilde nicht ‚von Natur aus‘ genau eine grammatische Struktur besitzen, und zwar weder ‚an der Oberfläche‘ noch ‚in der Tiefe‘, dann ergibt sich in aporetischen Situationen standardgemäß die Möglichkeit, durch Variation der grammatischen Struktur Abhilfe zu schaffen“ (a. a. O. S. 579).

⁶⁸„Die Existenz profunder formaler Universalien . . . impliziert, daß alle Sprachen nach demselben Muster angelegt sind, aber sie impliziert nicht, daß es irgendeine Punkt-für-Punkt-Entsprechung zwischen einzelnen Sprachen gibt. So impliziert sie z. B. nicht, daß es irgendeine effektive Prozedur für die Übersetzung zwischen Sprachen geben muß. [...] es gibt nur wenig Grund zu vermuten, daß vernünftige Übersetzungsprozeduren generell möglich sind.“ (CHOMSKY (1969), S. 46 f. u. 251.)

⁶⁹Vgl. Margaret A. BODEN (1988), S. 89 f.

6 Automatische Syntaxanalyse: ein einfacher Parser

Unterrichtsskizze

Nachdem im letzten Unterrichtselement die Ableitbarkeit bzw. Nichtableitbarkeit von Sätzen gemäß einer formalen Grammatik mit recht unterschiedlichen Methoden (explizite Angabe einer formalen Ableitung, Baumdiagramm, „bloßes Hinsehen“) geprüft wurde, ohne ein speziell geregeltes Verfahren vorzugeben, wurde nun – als Vorbereitung für die automatische Syntaxanalyse durch ein Computerprogramm (*Parser*) – die Aufgabe gestellt, dafür ein „idiotensicheres“, „ganz mechanisches“ Verfahren, kurz, einen *Algorithmus* zu finden.

Unter Hinweis auf die Erfahrungen beim Umgang mit den einfachen „Spielkalkülen“ im Unterrichtselement 3 (Nachweis der Ableitbarkeit durch Angabe einer Ableitung oder durch Rückwärtsanwenden der Regeln) wurde bei der Diskussion der Vorschläge verdeutlicht, daß es dafür zwei Möglichkeiten gibt:

- „Schau dir zuerst die Grammatik und dann den Satz an“: $\langle S \rangle$ kann nur durch die Kombination $\langle NP \rangle \langle VP \rangle$ ersetzt werden, also versuchen wir den ersten Teil des Satzes als $\langle NP \rangle$ zu rekonstruieren; dazu schauen wir nach, wodurch $\langle NP \rangle$ ersetzt werden kann (wenn es mehrere Möglichkeiten gibt, merken wir uns das); wenn es sich dabei um ein oder mehrere nichtterminale Symbole handelt, nehmen wir das bzw. das erste und verfahren damit wie im letzten Schritt; wenn es sich um ein terminales Symbol handelt, vergleichen wir es mit dem ersten Wort vom (verbliebenen) Satz; bei Gleichheit haben wir einen „Erfolg“, verkürzen den Satz um dieses Wort und gehen dorthin zurück, wo als letztes bei der Ersetzung eines nichtterminalen Symbols durch andere nichtterminale Symbole „auf der rechten Seite“ noch Symbole offen waren, davon nehmen wir das erste und machen weiter wie oben; bei Ungleichheit prüfen wir, ob es bei der Ersetzung durch terminale Symbole Alternativen gibt und prüfen diese der Reihe nach; wenn wir auch dabei keinen „Erfolg“ haben, gehen wir bis zur letzten Stelle zurück, wo es für die Ersetzung eines nichtterminalen Symbols eine alternative, noch ungeprüfte Regel gab und prüfen diese; das machen wir weiter, bis es beim „Mißerfolg“ keine Alternative mehr gibt oder bis wir alle Worte des Satzes erfolgreich geprüft haben; im letzteren Fall ist der Satz grammatisch, im ersten nicht (*top down*).
- „Schau dir zuerst den Satz und dann die Grammatik an“: wir prüfen der Reihe nach, ob die Worte des Satzes terminale Symbole der Grammatik sind; wenn nicht, ist der Satz ungrammatisch, wenn ja, ersetzen wir die Worte durch die nichtterminalen Symbole der „linken Seite“ (wenn es Alternativen gibt, merken wir uns das); nun prüfen wir von vorne beginnend, ob sich eines oder mehrere dieser nichtterminalen Symbole (als „rechte Seite“) durch ein nichtterminales Symbol (als „linke Seite“) ersetzen lassen; wenn nicht, prüfen wir die möglichen Alternativen der vorherigen Stufe; gibt es keine oder führen auch die nicht weiter, sind wir mit einem „Mißerfolg“ fertig; wenn ja, nehmen wir die Ersetzung vor und fahren mit dem Verfahren fort, bis wir nur noch $\langle S \rangle$ haben; das ist ein „Erfolg“, d. h. der Satz ist gemäß der Grammatik gebildet (*bottom up*).

Da bei einer Syntaxanalyse nicht nur die Grammatikalität eines Satzes geprüft, sondern auch zur weiteren Verarbeitung der genaue Aufbau des Satzes durch Phrasen dokumentiert werden soll, wurde als Ergebnis dieser Überlegungen festgehalten, daß zu einem Parser mindestens Prozeduren mit folgenden Funktionen gehören:

- es wird geprüft, ob und, wenn ja, welche Teile des Satzes einem nichtterminalen Symbol zugeordnet werden können; das Ergebnis wird dokumentiert;
- dazu muß geprüft werden, ob zu einem Symbol Regelalternativen existieren, und diese Alternativen müssen gegebenenfalls der Reihe nach abgearbeitet werden;
- zu jeder Regel müssen die auf der „rechten Seite“ stehenden Symbole der Reihe nach geprüft werden;
- es muß geprüft werden, ob die Worte des Satzes den terminalen Symbolen des Satzes entsprechen.

Nach diesen Vorbereitungen wurden den Schülerinnen und Schülern entsprechende Prozeduren gegeben mit den Aufgaben:

- die Prozeduren an grammatischen und ungrammatischen Sätzen zu testen;
- den genauen Ablauf (wechselseitiger Aufruf der Prozeduren mit jeweiliger Parameterübergabe, Veränderungen der Variablenwerte) durch die programmegoßen *Debugging*-Funktionen (z. B. *Trace*, *Watch* etc.) zu erkunden und den Weg im Baumdiagramm nachzuzeichnen;
- die Rahmenprozedur zu einem benutzerfreundlichen Programm zu erweitern (mit sinnvollen Erklärungen, Endabfrage usw.);
- mit anderen Grammatiken zu experimentieren.

Zum Abschluß dieses Unterrichtselementes wurde in einer Zwischenbilanz besprochen, welche Probleme beim maschinellen Sprachverstehen und speziell beim maschinellen Übersetzen durch eine Syntaxanalyse gegenüber reinen Wort-für-Wort-Übersetzungen gelöst werden können (z. B. bestimmte lexikalische Ambiguitäten und andere Wortstellungen in der Zielsprache) und welche nicht (situations- und kontextabhängige lexikalische sowie die Wahl zwischen strukturellen, referentiellen und pragmatischen Ambiguitäten).

Kommentar

Der Begriff des Algorithmus war aus dem vorhergehenden Unterricht bekannt. Falls das nicht der Fall ist, müßten an dieser Stelle die wesentlichen Kennzeichen (eindeutige und endliche Beschreibung eines allgemeinen und effektiven, d. h. in endlich vielen Schritten eindeutig (und somit auch durch eine Maschine) ausführbaren, Verfahrens zur Lösung einer Klasse von Problemen) und die Elemente Sequenz, Verzweigung und Wiederholung (hier durch Rekursion mit Abbruchbedingung) behandelt werden (nicht unbedingt auch

Ablaufpläne und Struktogramme). Deutlich sollte auf jeden Fall werden, daß bei *automatischen* formalen Systemen auch die Auswahl und Reihenfolge der Regeln genau festgelegt werden muß.

Bei größerer Programmiererfahrung könnte die Entwicklung entsprechender Prozeduren in einer Programmiersprache selbst Unterrichtsgegenstand sein, ich habe darauf in diesem (Anfänger-) Kurs verzichtet und den Schülerinnen und Schülern folgende LOGO-Prozeduren⁷⁰ zur Verfügung gestellt:

```

TO GRAMMATIK
  MAKE "$S      [[ $NP $VP .]]
  MAKE "$NP     [[ $DET $N] [$DET $ADJP $N]]
  MAKE "$VP     [[ $V $NP] [$V]]
  MAKE "$ADJP   [[ $ADJ $ADJP] [$ADJ]]
  MAKE "$DET    [[DIE] [DAS]]
  MAKE "$N      [[AUTO] [KANINCHEN] [KATZE] [MAUS]]
  MAKE "$V      [[FRISST] [JAGT] [LIEBT] [SIEHT]]
  MAKE "$ADJ    [[BRAUNE] [GROSSE] [SCHNELLE] [SCHWARZE]]
END

```

Hier wird die Grammatik dadurch definiert, daß die nichtterminalen Symbole (gekennzeichnet durch ein vorangestelltes Dollar-Zeichen) als Variablen definiert werden und ihnen als Wert die rechte Seite der jeweiligen Regel in Form einer Liste (eingeschlossen durch eckige Klammern) zugewiesen wird. Mögliche Alternativen werden wiederum zu einer Liste zusammengefaßt.⁷¹

```

TO NT_SYMBOL_OK? :SYMBOL
  LOCAL "ERGBNIS MAKE "ERGBNIS []
  IF ALTERNATIVE? THING :SYMBOL
    [MAKE WORD "SATZ. BUTFIRST :SYMBOL :ERGBNIS
      (PRINT :ERGBNIS [=] BUTFIRST :SYMBOL)
      OUTPUT "TRUE]
  OUTPUT "FALSE
END

```

In dieser Prozedur wird die einem nichtterminalen Symbol zugeordnete Regelliste der folgenden Prozedur *ALTERNATIVE?* zur weiteren Überprüfung übergeben (und der dort eintretende Erfolg oder Mißerfolg wird – wie auch jeweils bei den folgenden Prozeduren – ausgegeben, d. h. an die aufrufende Prozedur weitergereicht). Weiter wird eine (lokale) Variable *ERGBNIS* eingerichtet und im Erfolgsfall wird der dem nichtterminalen Symbol entsprechende Satzteil auf dem Bildschirm ausgegeben.

⁷⁰Diese Prozeduren habe ich mit kleinen Änderungen dem Buch von Helmut SCHAUER (1988, S. 200 ff.) entnommen. Dort finden sich auch weitere Erläuterungen und viele interessante Erweiterungen (bis hin zur graphischen Darstellung chemischer Formeln).

⁷¹Bei der Arbeitsweise der folgenden Prozeduren ist das Ergebnis nicht immer unabhängig von der Reihenfolge der Alternativen. Deshalb wird bei *\$VP* und *\$ADJP* die längere Alternative zuerst genannt.

```

TO ALTERNATIVE? :LISTE
  IF EMPTY? :LISTE [OUTPUT "FALSE]
  LOCAL "LOC.ERGBNIS MAKE "LOC.ERGBNIS :ERGBNIS
  LOCAL "LOC.SATZ MAKE "LOC.SATZ :SATZ
  IF RECHTE_SEITE_OK? FIRST :LISTE [OUTPUT "TRUE]
  MAKE "ERGBNIS :LOC.ERGBNIS
  MAKE "SATZ :LOC.SATZ
  OUTPUT ALTERNATIVE? BUTFIRST :LISTE
END

```

Durch diese Prozedur werden die möglichen Alternativen einer Regel der Reihe nach abgearbeitet und der folgenden Prozedur zur Prüfung übergeben. Im Erfolgsfall werden die in Hilfsvariablen zwischengespeicherten Ergebnisse der Variablen ERGBNIS zugewiesen.

```

TO RECHTE_SEITE_OK? :LISTE
  IF EMPTY? :LISTE [OUTPUT "TRUE]
  IF EQUALP FIRST FIRST :LISTE "$
  [IF NOT NT_SYMBOL_OK? FIRST :LISTE [OUTPUT "FALSE]
  MAKE "ERGBNIS
    SENTENCE :ERGBNIS THING WORD "SATZ. BUTFIRST FIRST :LISTE
  OUTPUT RECHTE_SEITE_OK? BUTFIRST :LISTE]
  IF NOT T_SYMBOL_OK? FIRST :LISTE [OUTPUT "FALSE]
  OUTPUT RECHTE_SEITE_OK? BUTFIRST :LISTE
END

```

Hier werden die zur rechten Seite einer Regel gehörenden Symbole der Reihe nach geprüft. Bei terminalen Symbolen wird zur Prüfung die folgende Prozedur aufgerufen. Bei nichtterminalen Symbolen wird im Erfolgsfall der entsprechende Teil des Textes an das bisherige Ergebnis angefügt.

```

TO T_SYMBOL_OK? :SYMBOL
  IF EMPTY? :SATZ [OUTPUT "]
  IF EQUALP :SYMBOL FIRST :SATZ
  [MAKE "ERGBNIS SENTENCE :ERGBNIS FIRST :SATZ
  MAKE "SATZ BUTFIRST :SATZ
  OUTPUT "TRUE]
  OUTPUT "FALSE
END

```

Mit dieser Prozedur wird schließlich bei terminalen Symbolen geprüft, ob sie mit dem ersten Wort des (restlichen) Satzes übereinstimmen. Im Erfolgsfall wird das Wort dem Ergebnis angefügt und der Satz um das erste Wort verkürzt.

```

TO SYNTAXANALYSE
  GRAMMATIK
  LOCAL "SATZ MAKE "SATZ READLIST
  PRINT NT_SYMBOL_OK? "$S
END

```

Dies ist der Rumpf einer Rahmenprozedur: die Grammatik wird definiert, der Satz über die Tastatur eingelesen (gegebenenfalls UPPERCASE der Prozedur hinzufügen) und das Ergebnis der Analyse des Anfangssymbols \$\$ ausgedruckt (TRUE oder FALSE). Diese Rahmenprozedur kann leicht zu einem benutzerfreundlichen Programm erweitert werden (Benutzerführung, Endabfrage, auch die Bildschirmmeldungen TRUE und FALSE sind durch andere ersetzbar). Wenn genügend Zeit (und Interesse) vorhanden ist, sind auch noch andere Erweiterungen wie Bildschirmausgabe als Baumdiagramm möglich (darüber hinaus bietet LOGO durch *Propertylisten* relativ einfach die Möglichkeit, ein Lexikon mit flektierten Formen aufzubauen, bei denen Merkmale wie Genus, Kasus, Numerus, Person, Tempus usw. vermerkt werden und auf die die Regeln zugreifen können; der formal darstellbare Ausschnitt der natürlichen Sprache wird dadurch deutlich größer und realistischer, vgl. oben S. 38).

Nach Aufruf der Prozedur SYNTAXANALYSE und Eingabe eines Satzes (abgeschlossen mit Leerzeichen und Punkt) wie

DIE SCHNELLE GROSSE SCHWARZE KATZE JAGT DIE BRAUNE MAUS .

erfolgt die Ausgabe:⁷²

DIE = DET
DIE = DET
SCHNELLE = ADJ
GROSSE = ADJ
SCHWARZE = ADJ
SCHWARZE = ADJ
SCHWARZE = ADJP
GROSSE SCHWARZE = ADJP
SCHNELLE GROSSE SCHWARZE = ADJP
KATZE = N
DIE SCHNELLE GROSSE SCHWARZE KATZE = NP
JAGT = V
DIE = DET
DIE = DET
BRAUNE = ADJ
BRAUNE = ADJ
BRAUNE = ADJP
MAUS = N
DIE BRAUNE MAUS = NP
JAGT DIE BRAUNE MAUS = VP
DIE SCHNELLE GROSSE SCHWARZE KATZE JAGT DIE BRAUNE MAUS . = S
TRUE

Wird sowohl die Regel für \$N als auch die für \$V auf der rechten Seite durch [FLOH] erweitert (und \$DET durch [DER]), erhält man bei der Eingabe von

⁷²Je nach LOGO-Version kann es bei solchen Sätzen wegen der großen Rekursionstiefe zu einem *Stack-Überlauf* kommen.

DER FLOH FLOH .

die Ausgabe:

DER = DET
FLOH = N
DER FLOH = NP
FLOH = V
FLOH = V
FLOH = VP
DER FLOH FLOH . = S
TRUE

D. h. lexikalische Ambiguitäten in Sätzen wie „Der Floh liebt die Katze“ und „Die Katze floh“ können erkannt (und entsprechend übersetzt) werden.

Bei Parsern werden traditionell die Grammatikregeln („syntaktische Wissensbasis“) und das Analyseprogramm („Verarbeitungsmodell“, „Interpreter“, „Inferenzmaschine“) unterschieden. Bei letzterem geht es vor allem darum, in welcher Reihenfolge die „Knoten“ (Phrasen, Konstituenten) im Ableitungsbaum durchlaufen werden, d. h. wann Pfade zu anderen Knoten durchlaufen werden, wann sie (erfolgreich oder nicht) beendet werden und wie dieses Ergebnis mit schon analysierten Knoten verknüpft wird. Parser können so nach ihren Analyse- und Suchstrategien (*top down* vs. *bottom up*, Tiefen- vs. Breitensuche, deterministisch vs. nicht-deterministisch) und nach ihrer Verarbeitungsrichtung (von-links-nach-rechts, von rechts-nach-links, „Insel-Parser“, d. h. von sicher erkannten Wort-Inseln in der Mitte der Eingabe wird die Analyse nach links und rechts ausgedehnt – besonders günstig bei der Verarbeitung gesprochener Sprache) unterschieden werden.⁷³

Obwohl es sich bei den oben angegebenen Prozeduren um einen sehr einfachen Parser handelt, ist der genaue Ablauf des Programmes bei der Analyse eines Satzes (rekursiver Selbst- und wechselseitiger Aufruf der Prozeduren) nicht ganz einfach zu durchschauen und sollte von den Schülerinnen und Schülern unbedingt mit allen von der Programmiersprache zur Verfügung gestellten Mitteln erkundet und (auch im Baumdiagramm) nachvollzogen werden. Dabei können auch die Schwächen dieses Parsers erkannt werden. Es handelt sich um eine strikte *top-down* und von-links-nach-rechts Analyse, die beim ersten Erfolg

⁷³Weiter kann noch danach unterschieden werden, ob zur Steuerung, z. B. bei der Wahl von Alternativen, nur syntaktisches oder auch semantisches bzw. pragmatisches Wissen verwendet wird. Damit hängen dann auch die Repräsentation dieses Wissens in den Regeln und im Lexikon sowie die Systemarchitektur zusammen (erfolgen syntaktische, semantische, pragmatische Analysen strikt nacheinander oder parallel, gibt es einen wechselseitigen Austausch zwischen den Komponenten?). Für eine genauere Taxonomie von Parsern auch nach diesen Kriterien vgl. Wolfgang WAHLSTER (1982), S. 231 ff. und Günther GÖRZ (1988), S. 131. Patrick Henry WINSTON (1987, S. 321 ff.) stellt als neuere Konzeption einen von Mitchell P. MARCUS entworfenen „Wait-and-see-Parser“ PARSIFAL vor (zur damit verbundenen „Determinismushypothese“ vgl. auch GÖRZ (1988), S. 246 ff.), ein Produktionssystem mit einem Puffer, „in welchem bereits geparsete Konstituenten, deren phrasenstrukturelle Einbettung noch nicht geklärt ist ... abgelegt werden“ und mit einem „Keller aktiver Knoten, der Teilstrukturen enthält, die noch weitere Tochterknoten benötigen“ (Hans HAUGENEDER und Harald TROST in GÖRZ (1993), S. 377). Parser für natürliche Sprache gelten gemeinhin als Musterbeispiel für den Symbolverarbeitungsansatz, die Leistungen eines von George BERG entwickelten *konnektionistischen* Parsers diskutieren dagegen Terence HORGAN & John TIENSON (1993), S. 177 ff.

endet (das gilt auch – und muß bei der Reihenfolge der Regelalternativen bedacht werden – für erfolgreiche Zwischenergebnisse). Dadurch können z. B. strukturelle Ambiguitäten (wie bei „Der Mann suchte den Sohn des Nachbarn mit dem Auto“⁷⁴) nicht erkannt und als Alternativen ausgegeben werden.

Das Erkennen und die Darstellung struktureller Mehrdeutigkeiten erfordert ausgefeiltere Such- und Analysestrategien (die für Compiler entwickelten und besonders effektiven Parser für Programmiersprachen sind dafür nur bedingt geeignet, weil solche Sprachen gerade so konstruiert werden, daß keine Mehrdeutigkeiten auftreten können). Da auch im Erfolgsfall weitere Möglichkeiten geprüft werden müssen (und entsprechend auch mehr „Sackgassen“ auftreten), erhöht sich der Rechenaufwand erheblich („kombinatorische Explosion“), und es wird noch wichtiger, überflüssige Schritte und Redundanzen (vgl. oben auf S. 47 die doppelten Zeilen bei den Parser-Ausgaben der Zwischenergebnisse, wenn der Anfang einer Wortkette auf mehr als eine Weise eine Regel erfüllen kann) zu vermeiden. So stimmen beispielsweise beide Lesarten des Satzes „*Meine Freundin sah den dicken Mann mit dem Fernglas*“ darin überein, daß „*Meine Freundin*“ und „*den dicken Mann*“ Nominalphrasen sind, und es bedeutet zusätzlichen Aufwand, diese Teile bei der Erkundung von Alternativen jedesmal neu zu analysieren, günstiger ist es, solche Satzteile mit ihrem Analyseergebnis und der Stelle ihres Vorkommens zwischenzuspeichern.⁷⁵ Zu diesem Zweck wurde z. B. die Datenstruktur *Chart* entwickelt, eine Darstellung des Satzes, seiner Teile und seiner Struktur als Graphennetz, bei dem anders als beim Baumdiagramm die terminalen und nichtterminalen Symbole die *Kanten* bilden und die Zwischenräume vor und hinter den Wörtern die *Knoten* (das ermöglicht die Darstellung verschiedener Lesarten in *einem* Netz). Die auf dieser Datenstruktur beruhende „Chart-Analyse“ hat eine Reihe von Vorteilen: die *Backtracking*-Prozesse sind effizienter, alle gültigen Strukturbeschreibungen werden gefunden, auch bei ungrammatischen Sätzen werden alle gültigen Teile analysiert und dargestellt, Alternativen können quasi parallel erkundet und bewertet werden (sei es nach Prioritäten, sei es, z. B. in einem „*Blackboard*“-Modell, durch semantische und pragmatische Analysen), und zwar auch für Satzteile, bevor der gesamte Satz endgültig analysiert wurde (besonders wichtig bei der Analyse gesprochener Sprache in „Echtzeit“).⁷⁶

Nach den Analyse-, Such- und Kontrollstrategien nun zur anderen Komponente eines Parsers: den eigentlichen Grammatikregeln. Es ist keineswegs ein triviales (sondern ein bisher ungelöstes) Problem, die Regeln des Unterrichtsbeispiels so zu erweitern und gleichzeitig zu beschränken, daß die Grammatik weder unter- noch übergeneriert, also *alle* und *nur die korrekten Sätze* einer natürlichen Sprache beschreibt. Hier nur eine kurze Liste von Schwierigkeiten, die dabei – insbesondere im Deutschen – auftreten:⁷⁷

- Flexionsregeln und Regeln für die Übereinstimmung bestimmter Satzteile in Person, Numerus, Genus oder Kasus (bis hin zu unterschiedlichen Adjektivformen nach

⁷⁴Vgl. Uli DEKER (1989), S. 100 ff.

⁷⁵Dabei kann es natürlich auch Holzwege geben. Z. B. ist „*die schwarzen Katzen*“ ein ausgezeichnete Kandidat für eine Nominalphrase, aber nicht im Satz „*Mäuse, die schwarzen Katzen nicht trauen, sind klug*“. Eine weitere Möglichkeit zur Einsparung von Rechenzeit besteht darin, die Grammatikregeln gemäß ihrer Wahrscheinlichkeit mit einem Index zu versehen („priorisieren“) und die unwahrscheinlicheren erst dann nach und nach („inkrementell“) hinzuzuziehen, wenn die wahrscheinlicheren zu keinem Erfolg führen.

⁷⁶Die *Chart*-Analyse wird kurz bei WAHLSTER (1982), S. 237 f., und ausführlich bei GÖRZ (1988), S. 193 ff., dargestellt.

⁷⁷Vgl. auch GÖRZ (1988), S. 133 ff.

bestimmten und unbestimmten Artikeln: „*der alte Mann*“, „*ein alter Mann*“);

- Diskontinuierliche Konstituenten („*Sie fuhr am nächsten Morgen ab*“, „*Er hat mir einen Brief geschrieben*“) und die mögliche Trennung von Nebensätzen vom Bezugsobjekt („*Er hat mir einen Brief geschrieben, der mich nie erreichte*“);
- Relative Freiheit bei der Anordnung von Satzteilen („*Sie gab das Buch dem Freund*“, „*... dem Freund das Buch*“, „*Das Buch gab sie dem Freund*“, „*Dem Freund ...*“ usw.);
- Elliptische und *Gapping*-Konstruktionen z. B. im Zusammenhang mit Konjunktionen („*Das grüne und das rote Kleid sind in der Reinigung*“, „*Anna spielte Klavier und Berta Geige*“; je nach Verarbeitungsrichtung spielt dabei noch eine Rolle, ob die weggelassene Konstituente nach [der Auslassung zu suchen ist] oder [ob sie] vor der Auslassung zu suchen ist).

Vor allem die beiden ersten Punkte stellen für kontextfreie Grammatiken wie die oben vorgestellte Phrasenstrukturgrammatik kaum überwindbare Probleme dar (anders bei der von CHOMSKY entwickelten Transformationsgrammatik, s. o.). Das gilt selbstverständlich ebenso für die mathematisch äquivalente, in der Automatentheorie übliche Darstellung durch Zustandsgraphen als „rekursive Übergangnetze“ (*Recursive Transition Network*, RTN) und führte in der Informatik zu Parsern gemäß dem Formalismus der „erweiterten Übergangnetze“ (*Augmented Transition Network*, ATN; grob gesagt werden hier beim Durchlaufen der „Kanten“ zwischen den „Zustandsknoten“ zusätzliche Register für „Notizen“ ermöglicht, auf die später, z. B. bei der Überprüfung der Übereinstimmung von Person, Numerus, Genus, Kasus usw. oder bei der Zuordnung diskontinuierlicher Konstituenten zurückgegriffen werden kann⁷⁸). Beiden Ansätzen – der Transformationsgrammatik und den ATNs – ist die Gefahr gemeinsam, daß sie *zu* mächtig sind (ohne weitere Einschränkungen haben sie die „generative Mächtigkeit“ von Turingmaschinen und sind damit nicht entscheidbar⁷⁹) und die algorithmische Handhabbarkeit zu komplex wird. Analog zu der oben im Kommentar zum Abschnitt 5 angedeuteten Entwicklung der generativen Transformationsgrammatik hin zu „Prinzipien, Restriktionen und Bindungen“ gibt es aus der Sicht formaler Sprachen einen Trend zu „mild kontextsensitiven“ Grammatiken

⁷⁸Weil mir erstens im Rahmen dieses Unterrichtsmoduls die Darstellung einer Grammatik als formale Sprache viel sympathischer als die durch Zustandsgraphen ist und zweitens nach meinem Eindruck die Bedeutung von ATNs fürs Parsen nach einem Boom in den siebziger und achtziger Jahren nun zurückgeht, verzichte ich hier auf eine ausführlichere Darstellung (vgl. dazu z. B. WAHLSTER (1982), S. 233 ff., WINSTON (1987), S. 311 ff. und GÖRZ (1988), S. 240). Da dieser Formalismus ziemlich genau dem Paradigma der Kognitiven Psychologie entspricht (Denken, Kognition, Sprachverstehen und -verwendung als Durchlaufen mentaler „Zustände“ im engen Zusammenhang mit der Aufnahme von Informationen und der Produktion von Aktionen; vgl. Abschnitt 4.3 von Teil 2), spielt er auch in entsprechenden Darstellungen eine große Rolle, vgl. z. B. Margaret A. BODEN (1988), S. 91 ff. und Donald A. NORMAN & David E. RUMELHART (1978), Kapitel 5 und 6. Neben der zu großen generativen Mächtigkeit wird gegen ATNs von seiten der Informatik – d. h. im Interesse einer größtmöglichen Modularität, Flexibilität und Transparenz der Komponenten im Hinblick auf Verwendungs-, Erweiterungs- und Wartungsmöglichkeiten – die durch die mit dem Formalismus eng verbundene spezifische Programmierung der Grammatikregeln erfolgende Festlegung auf ein bestimmtes Verarbeitungsmodell (*top down*, Tiefensuche, von-links-nach-rechts; vgl. GÖRZ (1988), S. 132) und die Verwendung prozeduraler statt ausschließlich deklarativer Elemente in der grammatischen „Wissenskomponente“ (vgl. GÖRZ (1993), S. 391) ins Feld geführt.

⁷⁹Vgl. GÖRZ (1988), S. 33 und 240.

(z. B. in Form einer *Baumadjunktionsgrammatik* (TAG)), bei denen die kontextfreien Regeln gezielt so erweitert werden, daß bestimmte Konstruktionen wie $abc_1d_1e_1\dots c_2d_2e_2\dots$ möglich werden und dennoch die algorithmische Behandlung überschaubar bleibt.⁸⁰

Wurden anfangs vorhandene Ansätze zur Formalisierung *künstlicher* Sprachen aus der Mathematik, Logik und Informatik (Semi-THUE-Systeme, POSTsche Produktionen, Automatentheorie) einfach übernommen, so ist im Spannungsfeld zwischen linguistischer Theorieentwicklung, algorithmischer Effektivität (Komplexität, Zeit- und Speicherbedarf) und intendierter Anwendung bei der automatischen Syntaxanalyse *natürlicher* Sprache in den letzten Jahren immer mehr auch die Frage nach einem geeigneten Grammatikformalismus, d. h. nach einer formalen Metasprache zur Repräsentation sprachlichen Wissens als ein Drittes neben Verarbeitungsmodell und den eigentlichen Regeln einer speziellen Sprache in den Mittelpunkt des Interesses der Computerlinguistik gerückt.⁸¹ Angestrebt wird neben einer größeren linguistischen Adäquatheit eine weitgehende Trennung vom Kontrollwissen, eine Modularisierung zugunsten von Flexibilität und Transparenz im Hinblick auf Erweiterungs- und Anwendungsmöglichkeiten (z. B. geschriebene und gesprochene Sprache, Übertragung auf andere Sprachen, Verwendung sowohl beim Parsen als auch bei der Generierung). Wie schon im Kommentar zum Abschnitt 5 angedeutet (vgl. oben S. 42) geht der Trend hin zu lexikonzentrierten Grammatikformalismen mit funktionalen Merkmalsstrukturen und darauf definierten, die Phrasenstrukturregeln ergänzenden und einschränkenden Operationen (Favorit ist wohl zur Zeit die *Kopfgesteuerte Phrasenstrukturgrammatik*, HPSG⁸², eine Art Synthese der einstigen „feindlichen Brüder“ Konstituenten- und Dependenzgrammatiken).

So interessant aus der Fachsicht der Informatik Parser und ihre Programmierung sind, sollte darüber im Unterricht nicht vergessen werden, daß „die Hauptaufgabe eines Parsers . . . in der Überführung der Eingabe in eine für die Auswertung geeignete Repräsentationskonstruktion besteht“ und dabei „alle Information bereitzustellen, die es der semantischen Analyse ermöglicht, ihre zentrale Aufgabe, die Untersuchung von Abhängigkeitsrelationen und funktionalen Relationen in der Äußerung, wahrzunehmen“, denn man kann in der KI erst dann mit einem gewissen Recht von „*natürlichsprachlichen Systemen*“ sprechen, wenn neben den syntaktischen auch „semantisch-pragmatische Verfahren zur Analyse und Generierung natürlicher Sprache eingesetzt werden“⁸³ (vgl. das Kapitel A im Anhang), und in dieser Hinsicht ist der oben vorgestellte und im Unterricht eingesetzte Parser selbstverständlich völlig unzureichend.

⁸⁰Für eine kurze Charakterisierung einer „indizierten Grammatik“, mit der z. B. die Sprache $a^n b^n c^n$ erzeugt werden kann und deren generative Mächtigkeit dennoch geringer als die kontextsensitiver Grammatiken ist, vgl. GÖRZ (1988), S. 191 f.

⁸¹Vgl. GÖRZ (1988), S. 143 ff., (1993), S. 372 ff. und 537 ff.

⁸²„In der HPSG hat man es geschafft, die Phrasenstrukturregeln ganz zu eliminieren. Das ist gar nicht so schwierig, wenn man die Satzstruktur durch die Werte entsprechender Merkmale repräsentiert. In einem ‚Knoten‘ des Syntaxbaums werden dann stets alle seine Tochterknoten kodiert und dies natürlich immer rekursiv. Einer davon wird als Kopfknoten (Head) ausgezeichnet. Er enthält dann meistens auch die (Lexikon-)Information darüber, welche Tochterknoten in einer entsprechenden Konstruktion überhaupt erforderlich bzw. zulässig sind (SUBCAT-Liste). Die Zuordnung der Elemente der SUBCAT-Liste zu den Knoten des Syntaxbaumes erfolgt durch ein entsprechendes Grammatikprinzip. Ganz analog dazu werden auch die freien Ergänzungen behandelt.“ (persönliche Mitteilung von Wolfgang MENZEL)

⁸³WAHLSTER (1982), S. 241 und 206, GÖRZ (1988), S. 37

7 Maschinelle Übersetzung

Unterrichtsskizze

Im Zentrum dieses Unterrichtselementes stand das System METAL, das den Schülerinnen und Schülern (leider nur auf dem Papier⁸⁴) als Beispiel dafür vorgestellt wurde, was heute auf dem Gebiet der maschinellen Übersetzung mit „großen“ Systemen möglich ist. Nach einer kurzen Einführung in die wirtschaftliche Bedeutung der Übersetzung von Sachtexten wurden zusätzlich zu den im Kasten angegebenen Daten weitere Informationen zu den Komponenten und der Arbeitsweise von METAL gegeben:⁸⁵

- Die Grammatik besteht aus kontextfreien Phrasenstrukturregeln, die um Tests auf die Merkmale der einzelnen Konstituenten und ihre Interaktion erweitert sind.
- Die Übersetzung erfolgt nach dem „Transfermodell“, d. h. sie geschieht direkt in den Schritten Analyse, Transfer, Synthese ohne die Übersetzung in eine „Interlingua“.⁸⁶
- METAL verwendet beim Parsen (ursprünglich ein *bottom-up*-Parser mit *top-down*-Filter, inzwischen ein „Insel“-Parser) eine *Chart*-Analyse (vgl. oben S. 49), bei der die Grammatikregeln und Lexikoneinträge zusätzlich gemäß ihrer Wahrscheinlichkeit mit Gewichtungen versehen sind, d. h. zur Vermeidung unwahrscheinlicher Pfade und der kombinatorischen Explosion werden auch bei der parallelen Erkundung von Alternativen erst einmal die üblichen Satz- und Wortbaupläne vor den weniger gebräuchlichen geprüft.
- Auch wenn es nicht gelingt, den ganzen Satz zu analysieren, werden die analysierten Satzteile ausgegeben (und für die nachträgliche Bearbeitung markiert).
- METAL hat getrennte Lexika für die Ausgangssprache und die Zielsprache sowie ein Transfer-Lexikon für die Ersetzung der Wörter der Ausgangssprache durch die der Zielsprache.
- Die einsprachigen Lexika der Ausgangs- und Zielsprache fassen die unterschiedlichen Formen eines Wortes unter einem Haupteintrag zusammen (mit Verweis auf Stamm- und Endungstabellen), in dem jeweils auch morphologische, syntaktische und semantische (z. B. „abstrakt“, „belebt“) Informationen (einschließlich „syntaktischer *frames*“, d. h. beispielsweise bei einem Verb Anzahl und Art der Ergänzungen) notiert sind.

⁸⁴Bei einem Systempreis von ca. 100 000 DM und weltweit nur wenigen verkauften Exemplaren ist das sicher verständlich. Inzwischen gibt es mit Langenscheidts T1 auch eine „abgespeckte“ PC-Variante (vgl. *c't* 5/96, S. 30, 7/96, S. 92, 8/97, S. 261 ff. und 6/98, S. 276 ff.). Mehr dazu unten auf S. 61 f.

⁸⁵Vgl. HEIZMANN & ZIMMERMANN (1990), HUTCHINS & SOMERS (1992), S. 259–278, T. SCHNEIDER (1988a, 1988b, 1990, 1992, 1994) und ZIMMER (1991), S. 171–200.

⁸⁶„Die Charakterisierung als reines Transfermodell stimmt im großen und ganzen noch. Allerdings hat die Entwicklung zusätzlicher Sprachkomponenten (frz, span, dän, nl, russ) dazu geführt, daß die jeweiligen Analyseresultate formal vereinheitlicht werden mußten – schon allein aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bei Weiterentwicklungen. Das Ende der Analyse liefert für alle Ausgangssprachen eine standardisierte Baumstruktur mit identischen Informationselementen hinter den jeweiligen Knoten. Die Zwischenstruktur, auf der der Transfer aufsetzt, heißt MIR (METAL INTERFACE REPRESENTATION) und enthält neben lexikalischen und syntaktischen Informationen auch semantische Informationen wie z. B. Angaben zu Aspekt, Semantik der Präpositionen etc.“ (persönliche Mitteilung von Thomas SCHNEIDER)

METAL

Das System METAL (Machine Evaluation and Translator of non-Artificial Languages) wurde an der Universität Austin in Zusammenarbeit mit Siemens entwickelt und erhielt 1989 den Preis „State of the Art“ der Zeitung *Electric Word* (die folgenden Angaben stammen aus dem Jahre 1990).

Einsatzgebiet: Technische Fachtexte

Entwicklungszeit: Mehr als 500 Personenjahre

Hardware: LISP-Computer SYMBOLICS 3610 ME-P mit mindestens 4 MByte Arbeitsspeicher und zwei Festplatten mit je 190 MByte (113 590 DM), SINIX-Workstation (43 000 DM).

Software: Programm mit je einem Analyse- und Syntheslexikon (einsprachig) und einem Transferlexikon (zweisprachig) pro Sprachrichtung. Ca. 50 000 Wortstämme (verteilt auf Funktionswort-, Grundwort- und technische Speziallexika), ca. 550 (rekursive) Phrasen-Struktur-Regeln (102 600 DM).

Leistung: 6 000–8 000 Worte (ca. 20–25 Seiten) pro Stunde. Etwa 50 % der Sätze völlig korrekt, 30–40 % brauchbar, aber redigierbedürftig, 10–20 % so falsch, daß neu übersetzt werden muß.

Arbeitsweise: Analyse eines Satzes: morphologische Analyse, Wörterbuchsuche, Derivationsanalyse und Kompositazerlegung, Syntaxanalyse (parallel und nach Wahrscheinlichkeiten gewichtet) durch „Bottom-up-PCP-Parser“ (Rückkoppelung mit der lexikalischen Analyse). Ergebnis ist eine Baumstruktur, in deren Aufbau auch „syntaktische Frames“ und im geringen Umfang semantische Merkmale eingehen (die Analyse benötigt ca. 85 % des Rechenaufwandes). Danach Transfer und Synthese.

Übersetzungsbeispiel:

Die bisherigen Erfassungsmethoden mit einer Tastatur erforderten grundsätzlich eine Anpassung des Menschen an die Maschine.

The previous acquisition methods with a keyboard required an adaptation of the human being to the machine fundamentally.

- Lexikalische und Syntaxanalyse erfolgen nicht getrennt voneinander, sondern können zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten Informationen (z. B. über die Wortart) austauschen.
- Nach der morphologisch-lexikalischen und syntaktischen Analyse erfolgt die eigentliche Übersetzung gemäß dem Transfer-Lexikon (wobei im geringen Umfang auch Kontextinformationen berücksichtigt werden können: so wird z. B. „bestehen“ je nach dem weiteren Vorkommen von „aus“, „(dar)auf“, „(dar)in“, „Examen“ mit „consist“, „insist“, „pass“ oder „exist“ übersetzt) und die Generierung anhand des Lexikons und der Grammatik der Zielsprache.
- Das Transfer-Lexikon ist hierarchisch aus mehreren Teillexika aufgebaut; an oberster Stelle steht das Funktionswörterbuch mit Eintragungen für Konjunktionen, Präpositionen, Modalverben, Artikel, Pronomen usw. (ca. 800 Einträge; dieser Teil ist besonders eng mit der Grammatik verbunden und kann vom Benutzer nicht

verändert werden), dann kommt der allgemeine, nichtfachliche Wortschatz (ca. 35 000 Wortstämme), dann der allgemein-technische Wortschatz (bzw. der allgemein-„soziale“ Wortschatz bei Anwendungen im administrativen Bereich) und danach die Lexika für einzelne, gegebenenfalls noch weiter gegliederte Fachgebiete; bei der Übersetzung werden zuerst die (von den Benutzern ausgewählten) spezifischen Lexika und dann die allgemeineren durchsucht (so wird dann je nach Auswahl der Lexika „Mutter“ nicht durch „mother“ sondern durch „nut“ übersetzt, „Ständer“ im Zusammenhang von Walzen mit „housing“, bei Werkzeugmaschinen mit „column“, bei elektrischen Maschinen mit „stator“, in allgemein-technischen Zusammenhängen mit „support“ und ohne weitere Spezifizierung mit „stand“).

Vor dem eigentlichen Übersetzungsprogramm und um es herum gibt es bei METAL einige Besonderheiten für die komfortable Nutzung:

- Es kann eine Voranalyse durchgeführt werden, bei der der Text auf unbekannte Worte durchsucht wird; diese Worte können durch einen interaktiven Programmteil den Lexika hinzugefügt werden, dabei werden für die Flexionsformen und weitere Merkmale Eintragungen vorgeschlagen, die übernommen oder abgeändert werden können.
- Es gibt für die im Deutschen ständig auftretenden Komposita einen eigenen Analyseteil, der gemäß den programmeigenen Regeln und Lexikoneinträgen recht treffsichere Analyse- und Übersetzungsvorschläge macht, zwischen denen ebenfalls interaktiv ausgewählt werden kann.
- bei den eingegebenen Texten werden (so gut es geht) Format- und Layout-Daten (z. B. Seitenaufteilung, Schriftauszeichnung, Tabellen) vom eigentlichen Text getrennt, zwischengespeichert und mit dem übersetzten Text wieder zusammengeführt.

Nach Beispielen für maschinelle Übersetzungen durch „kleinere“, auch für den PC verfügbare Programme (vgl. die Kästen auf den Seiten 59 und 61) wurden zum Abschluß dieses Unterrichtselementes kurz weitere vorhandene oder projektierte Systeme zur maschinellen Übersetzung (SYSTRAN, EUROTRA, VERBMOBIL) und ihre Probleme angesprochen.

Kommentar

Was macht eine gute Übersetzung aus: sachliche Richtigkeit, sinngemäße Übertragung (z. B. bei „*it's raining cats and dogs*“), Sprachrhythmus, Lautsymbolik . . . ? „Manche meinen, daß es keine schwierigere Aufgabe als die des Übersetzens gibt. Betrachtet man alle Faktoren, die dabei eine Rolle spielen, kann man dieser Behauptung ohne weiteres zustimmen. Der Übersetzer muß nicht nur die Ausgangssprache sehr gut beherrschen und fundierte Kenntnisse im behandelten Fachgebiet besitzen, sondern sich auch über gesellschaftliche, kulturelle und emotionale Konnotationen im klaren sein, die in der Zielsprache ebenso zum Ausdruck kommen müssen. Besondere Formulierungen, aktuelle Modeausdrücke oder Ausdruckstabus, lokale (z. B. regionale) Erwartungen – all dies und mehr ist in der Zielsprache zu berücksichtigen.“⁸⁷

⁸⁷David CRYSTAL (1993), S. 344. Übersetzen ist eine ebenso anspruchsvolle wie undankbare Arbeit, meist bemerkt man die Qualität erst, wenn sie fehlt. Da ich, wie viele andere auch, bei meinen Literaturangaben

Weil es so schön ist: „Der Vergleich verschiedener Übersetzungen des gleichen Textes verrät viel über die Kunst des Übersetzens. Die folgenden deutschen Fassungen der ersten Strophe des Sonetts LXXXVII von William Shakespeare zeigen, welche unterschiedliche formale und inhaltliche Akzente Übersetzer in Reim, Rhythmus, Wortstellung und Wortwahl setzen.⁸⁸

*Farewell, thou art too dear for my possessing,
And like enough thou know'st thy estimate.
The charter of thy worth gives thee releasing;
My bonds in thee are all determinate.*

Leb' wohl! Du weißt, dein Wert ist viel zu groß,
Als daß ich dauernd dich besitzen könnte;
Der Pachtbrief deiner Freundschaft spricht dich los;
Erloschen ist der Pact, der mir dich gönnte.

(Otto Gildemeister)

Lebwohl! zu teuer ist dein besitz für mich
Und du weisst wohl wie schwer du bist zu kaufen . . .
Der freibrief deines werts entbindet dich . . .
Mein recht auf dich ist völlig abgelaufen.

(Stefan George)

LEB wohl! Zu hoch stehst du im Preis für mich,
und weißt, daß du vor allen auserkoren.
Nach deines Wertes Rechte frei, zerbrich
den Bund; mein Recht auf dich hab ich verloren.

(Karl Kraus)

Leb wohl! Zu teuer wars, dich zu besitzen,
Und deinen Wert erkennest du nun richtig.
Das ist der Freibrief, dir dein Recht zu schützen:
Deine Verschreibungen an mich sind nichtig.

(Max Mell)

Leb wohl! Vermessen war's, Dich zu berühren.
Das eigne Maß, nun wird es Dir zu eigen.
Den eignen Wert, nun wirst Du ihn erspüren.
Mein Anspruch weiß zu sterben und zu schweigen.

(Isolde Emich)

Leb wohl! Du bist fürwahr zu teuer mir,
Dein Preis ist Dir wahrscheinlich gut bekannt.
Der Freibrief Deines Werts gibt Freiheit Dir;
Beendet ist, was mich mit Dir verband.

(Peter Groth)⁸⁸

die Übersetzer nicht erwähne (als ich die Datenbank anlegte, habe ich dafür kein Feld vorgesehen) und da ich nach genauerer Beschäftigung mit diesem Thema deswegen ein sehr schlechtes Gewissen habe, möchte ich das zumindest bei diesem Buch – bei dem neben der eigentlichen Übersetzung auch viele auf den deutschen Sprachraum zugeschnittene Ergänzungen nötig waren – stellvertretend für alle nachholen: die Übersetzung und Bearbeitung der deutschen Ausgabe stammt von Stefan RÖHRICH, Ariane BÖCKLER und Manfred JANSEN.

⁸⁸A. a. O. S. 348. Für eine genauere Analyse der Probleme einer Übersetzung dieses Sonetts (und ihres Gelingens bei GEORGE und KRAUS) vgl. George STEINER (1994), S. 366 ff.

Auch ohne die Bindung an eine Versform erfordert die Übersetzung literarischer Texte Entscheidungen, für die sich keine strengen Regeln angeben lassen⁸⁹ (wann verwenden wir beispielsweise im Deutschen *Körper*, wann *Leib*? Wie grenzen wir *Gestalt* ab gegen *Form* einerseits, *Figur* andererseits? Welche Ersetzung ist jeweils in welchem Kontext am besten bei der Übersetzung in eine andere Sprache?⁹⁰). Ohne gründliche Kenntnisse des Gesamtwerkes, der Entstehungsgeschichte,⁹¹ der Anspielungen auf im aktuellen Kulturraum Bekanntes und auf Werke anderer Autoren ist eine gute Literaturübersetzung nicht möglich (und bei Autoren wie James JOYCE, Ezra POUND, Arno SCHMIDT eventuell selbst dann nicht). Schon diese Beispiele und eine kurze Beschäftigung mit dem Entwicklungsstand „natürlichsprachlicher Systeme“ zeigen deutlich, daß die maschinelle Übersetzung literarischer Texte außerhalb jeder Diskussion steht, sie ist weder wünschenswert noch möglich (vgl. dagegen im Unterrichtsmodul 1, Abschnitt 2 die entsprechenden Einschätzungen der Kursteilnehmer) und wird auch nicht ernsthaft angestrebt.

Anders verhält es sich mit dem sehr viel umfangreicheren Gebiet der reinen Sachtexte, bei deren Übersetzung es in allererster Linie auf inhaltliche Richtigkeit und dann auf Verständlichkeit ankommt, ästhetische Kriterien aber eine untergeordnete Rolle spielen. Allein in Westeuropa werden jährlich über 500 Millionen Dokumente übersetzt, weltweit wird der Kostenaufwand für Übersetzungen auf 30 Milliarden US-Dollar jährlich geschätzt (mit einer jährlichen Zuwachsrate von 15 Prozent); Zeit- und Kostendruck bewirken hier jenseits der Ansprüche der kognitiven KI eine Nachfrage nach effektiven Systemen, die menschliche Übersetzer wenn schon nicht ersetzen, so wenigstens ihre Produktivität steigern können. Zwei Beispiele:

- In der Europäischen Union (EU) gibt es gegenwärtig neun Amtssprachen, mit dem Beitritt von Finnland und Schweden kommen zwei weitere dazu (und ob die Österreicher damit zufrieden sind, daß ihre Sprache „Deutsch“ ist, ist noch nicht ausgemacht). Grundsätzlich muß damit jede Vorlage, jedes Dokument in jede andere Sprache übersetzt werden, bei neun Sprachen sind das 72 Sprachrichtungen, bei elf sind es 110 (darunter solche, für die es nur sehr wenige Übersetzer gibt, wie z. B.

⁸⁹Allerdings gibt es viele unterschiedliche *Theorien* der Übersetzung. Eine Einführung in die Problematik und einen Überblick über die konkurrierenden Ansätze (relativistische, universalistische, äquivalenzbezogene, texttypologische, funktionalistische, feldtheoretische, hermeneutische, kognitive) bietet Radegundis STOLZE (1994). George STEINER (1994, S. 310) – der am Problem der Übersetzung einen sehr anregenden Streifzug durch große Teile der Sprachphilosophie und Literaturwissenschaft unternimmt – bestreitet dagegen (in Anlehnung an WITTGENSTEIN), daß es wirklich eine Theorie des Übersetzens gibt: „Womit wir es zu tun haben, ist keine exakte Wissenschaft, sondern eine *exakte Kunst*.“ Ganz in diesem Sinne hat Judith MACHEINER (1995) ein auch für Laien spannendes Vademecum geschrieben, mit einem Glossar zum linguistischen Hintergrund und vielen Beispielen im Text für gelungene und mißlungene Übersetzungen und für die Kunstgriffe wie Umstellungen, Kasusrahmenwechsel, Satzgrenzenverschiebungen (als professionelle Übersetzerin fürchtet sie übrigens nicht die Konkurrenz der Computer, sondern wünscht sich deren Hilfe).

⁹⁰Diese Beispiele diskutiert – u. a. anhand von Passagen aus *Der Mann ohne Eigenschaften* und *Steppenwolf* und ihrer Übersetzung ins Englische, Französische, Italienische und Spanische – Mario WANDRUSZKA (1988).

⁹¹Was andernfalls passieren kann, illustriert die folgende Anekdote. GOETHE'S *Wanderers Nachtlied* (*Über allen Gipfeln / Ist Ruh', / In allen Wipfeln / Spürest du / Kaum einen Hauch; / Die Vögelein schweigen im Walde. / Warte nur, balde / Ruhest du auch.*) wurde 1902 ins Japanische übertragen, von da 1911 ins Französische und kurz darauf wieder ins Deutsche – unter der Annahme, es sei ein japanisches Gedicht. Nun lautete es: *Stille ist im Pavillon aus Jade / Krähen fliegen stumm / Zu beschneiten Kirschbäumen im Mondlicht. / Ich sitze / und weine.* (D. MATTHEN-GOHDES, *Goethe ist gut*, Weinheim 1982, zitiert nach CRYSTAL (1993), S. 346.)

Griechisch-Dänisch oder Portugiesisch-Finnisch). Schon jetzt wird für die Übersetzungsdienste mehr als ein Drittel des Verwaltungsetats der EU benötigt. Bei einigen Millionen Seiten, die jährlich übersetzt werden müssen, ist es kein Wunder, daß auch Millionen für die Entwicklung von Übersetzungscomputern ausgegeben werden.

- Die Dokumentation zu vielen Produkten umfaßt einschließlich Wartungs- und Reparaturhandbüchern häufig einige Tausend Seiten, bei großen technischen Systemen (z. B. Flugzeuge, Waffensysteme, Atomkraftwerke, Telekommunikationssysteme) auch mehr als 100 000 Seiten (und schon kleine Fehler können sehr teuer werden oder noch Schlimmeres bewirken). Firmen, die solche Produkte exportieren wollen, müssen diese Dokumentationen auch in die jeweilige Landessprache übersetzen (zumindest in den „Technik-Standard“ Englisch). Gute technische Fachübersetzer sind rar, sie schaffen etwa fünf bis sechs Seiten am Tag, also etwa 1500 im Jahr. Ganz abgesehen von den Kosten (ab 50 DM aufwärts pro Seite) kann so die Übersetzung der Dokumentation länger dauern als die Entwicklung des Produktes.

Der Siemens AG ist aus eigener Erfahrung dieses Problem gut bekannt. Bei der Suche nach geeigneten maschinellen Übersetzungssystemen stieß sie auf das Projekt METAL (ursprünglich: *Mechanical Translation and Analysis of Language*) der Universität Texas in Austin. In Zusammenarbeit mit dieser Universität wurde das System unter Leitung von Thomas SCHNEIDER von der Siemens AG weiterentwickelt und ist nun nicht mehr ein Forschungsprojekt, sondern ein einsatzreifes, kommerzielles Produkt, speziell ausgerichtet auf die Übersetzung technischer Fachtexte. Das System METAL kann man tatsächlich hinsichtlich der Anwendungsorientierung, der Übersetzungsqualität und der eingesetzten Mittel als *State of the Art* bezeichnen, es repräsentiert ziemlich genau das, was mit den bisher in diesem Unterrichtselement dargestellten Methoden erreichbar ist und was damit zu den zumindest einigermaßen gesicherten Mitteln der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache gehört: Lexika mit morphologischen, syntaktischen und einigen wenigen semantischen Merkmalen, eine um Tests und Aktionen auf diesen Merkmalen erweiterte Phrasenstrukturgrammatik mit rekursiven Regeln (aber keine eigene semantische und pragmatische Komponente, keine explizite Repräsentation von „Weltwissen“ und darauf operierenden Schlußfolgerungen⁹²).

Neben den Merkmalen in den Lexikaeinträgen ist die hierarchische Struktur der Lexika und der Beginn der Suche im speziellsten vom Benutzer gewählten Fachlexikon (insofern erfolgt die Übersetzung nicht vollautomatisch, der Kontext ist stark eingeschränkt und wird von den Benutzern vorgegeben) ein weiteres wesentliches Mittel zur Auflösung von Ambiguitäten. Je nach fachlichem Zusammenhang kann dadurch „Fehler“ mit „error“, „fault“, „defect“ oder ganz allgemein mit „mistake“ übersetzt werden.⁹³

Voraussetzung dafür ist der Aufbau und die Pflege entsprechender Fachlexika durch die Benutzer. Zur Erleichterung dieser Arbeit bietet ein in METAL integriertes „Expertensystem“ bei der Aufnahme und Kodierung neuer Wörter in die (Lexem-) Lexika auch

⁹² „Ein paar Fakten aus unserer Welt muß ein MÜ-System schon kennen, aber irgendwann lohnt sich der KI-Aufwand nicht mehr, außerdem verlangsamt er das Arbeitstempo der Systeme.“ (Thomas SCHNEIDER in Gero von RANDOW (1991), S. 30.)

⁹³ Diese Lösung ist durchaus naheliegend. Schon bei der Diskussion der Schwierigkeiten einer Wort-für-Wort-Übersetzung (s. o. Abschnitt 1) kam aus dem Kreis der Kursteilnehmer der Vorschlag, zur Auflösung von Ambiguitäten – z. B. „Menge“ – den Text mit einem „Etikett“ – z. B. *Mathematik* – zu versehen.

gleich weitere Formen an, die, wenn sie stimmen, sofort übernommen werden können (im Englischen hat jedes Wort im Durchschnitt nur 1,9 Formen, im Deutschen 5,7, zusammengesetzte Verben (z. B. *einschließen*) können mehr als 40 haben). Komposita, Wortzusammensetzungen, die in keinem Lexikon stehen, sind eine weitere Besonderheit des Deutschen, nicht nur das berühmte *Donaudampfschiffahrt* ..., sondern in jedem Text jede Menge: Allein auf der ersten Seite dieses Abschnitts hat mein *spelling checker* (in zwei Worten) bei „*Transfermodell*“, „*Lexikoneinträge*“, „*Wortbaupläne*“, „*Ausgangssprache*“, „*Haupteinträge*“, „*Endungstabelle*“ und „*Kontextinformation*“ „gemeckert“. ⁹⁴ Auch hierfür hat METAL einen eigenen Analyseteil. ⁹⁵

„Für ein maschinelles Übersetzungssystem genügt es nicht, einzelne Sätze zu übersetzen, die jemand manuell eingibt. Vielmehr muß eine durchgehende Prozeßkette geschaffen werden, die alle Schritte von der Texterfassung bis hin zum Lichtsatz des übersetzten Zieltexts weitestmöglich automatisiert.“ ⁹⁶ Dafür bietet METAL zusätzlich zum eigentlichen Übersetzungsprogramm eine Umgebung, die von der Texterfassung über DFÜ oder Datenträger und der Trennung von Formdaten (z. B. Layout, Tabellen, Stücklisten) bis zur Zusammenführung dieser Daten mit der Übersetzung vor oder nach der Nachredaktion und der Ausgabe in Text- oder Satzsysteme reicht.

Was leistet METAL? Nach SCHNEIDER (1988b, S. 66) wurde der Satz „*Die bisherigen Erfassungsmethoden mit einer Tastatur erforderten grundsätzlich eine Anpassung des Menschen an die Maschine.*“ übersetzt zu „*The previous acquisition methods with a keyboard required an adaption of the human being to the machine fundamentally.*“ Ich kann nicht beurteilen, wie repräsentativ dieses Beispiel ist, ⁹⁷ aber SCHNEIDER selbst weist – auch im Zusammenhang mit der vergleichsweise einfacheren Übersetzung technischer Fachtexte – darauf hin, daß es „heute aufgrund der angedeuteten linguistischen Schwierigkeiten nicht möglich ist, einen Text maschinell in einer solchen Qualität zu übersetzen, daß man ihn ohne Nachredaktion als Enddokument verteilen könnte. Immer wird noch eine Überprüfung und Korrektur durch den ‚menschlichen‘ Übersetzer vonnöten sein.“ ⁹⁸ Korrigieren und Nachredigieren geht aber je nach Qualität der Vorlage viel schneller als eine komplette Übersetzung, METAL schafft ca. vier Wörter pro Sekunde und bietet weitere Vorteile wie einheitliche Terminologie auch in großen Dokumenten, damit wird bei einem Systempreis von ca. 100 000 DM (Software mit einem Sprachpaar und SUN Workstation) der Einsatz von METAL (in Verbindung mit geschulten Übersetzern) zu einer schlichten Kosten-Nutzen-Frage.

METAL ist weder das einzige noch erste kommerzielle System zur maschinellen Übersetzung. Zu den Veteranen gehört SYSTRAN, für die amerikanische Luftwaffe speziell zur

⁹⁴Komposita stellen auch Rechtschreibprüfprogramme vor kaum lösbare Aufgaben. Entweder werden alle nicht im Lexikon vermerkten Zusammensetzungen als falsch angezeigt oder sie werden auf die Bestandteile zurückgeführt, dann sind auch „*Meerausgaben*“ und „*Nachtischlampe*“ richtig (daran liegt es wohl auch, wenn teure Programme „*Standart*“ akzeptieren, als „*Stand-Art*“ wie bei „*Laufart*“). Außerdem dieses verdammte Fugen-S: heißt es nun „*Himmelsfahrtkommando*“ oder wie? Vgl. zu diesen Problemen ausführlich Dieter E. ZIMMER (1991), S. 77 ff.

⁹⁵Mit zum Teil verblüffenden Ergebnissen: *experimental bull, verb body, one wall free, nightclub nightclub egg* (für: „Versuchstier“, „Verbleib“, „einwandfrei“, „Barbarei“).

⁹⁶T. SCHNEIDER (1988a), S. 38.

⁹⁷„Zu etwa 50 Prozent sollen seine Übersetzungen völlig korrekt ausfallen, zu weiteren 30 bis 40 Prozent brauchbar, wenn auch redigierbedürftig, und zu 10 bis 20 so falsch, daß sie völlig neu übersetzt werden müssen.“ (ZIMMER (1991), S. 198)

⁹⁸T. SCHNEIDER (1988a), S. 36.

Übersetzung russischer Texte ins Englische entwickelt und seit 1970 im Einsatz. Die EG kaufte 1976 die Nutzungsrechte und seitdem wird mit mäßigem Erfolg versucht, dieses System für weitere Sprachrichtungen praxistauglich weiterzuentwickeln.

Übersetzungsbeispiele GLOBALINK

Die Firma Globalink bietet als Werbung für ihre PC-Programme einen maschinellen Übersetzungsdienst im Internet an (<http://www.globalink.com>).

Die folgenden Beispiele stammen aus dem Januar und Februar 1996. Bei den „Dreizeilern“ wurde erst der deutsche Text ins Englische übersetzt und anschließend zurückübersetzt (ggf. nach einer Wahl durch den Benutzer bei den angebotenen Personalpronomen).

Der Floh liebt die Katze, die floh.

The flea loves the cat, who fled.

Der Floh liebt die Katze, die floh.

Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil er hungrig war.

She/it bought her/its/their son an apple, because he/it was hungry.

Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil er hungrig war.

Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil er billig war.

She/it bought her/its/their son an apple, because he/it was cheap.

Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil es billig war.

Er kam an sein Ziel.

Er kam an seinem freien Tag.

He/it came to his/its goal.

He/it came on his/its free day.

Er kam zu seinem Ziel.

Er kam an seinem freien Tag.

Sie nahm den Kuchen vom Teller und ass ihn.

She/it took the cake of the plate and ate him/it.

Sie nahm den Kuchen des Tellers und aß es.

Ich kenne einen besseren Anwalt als Andreas.

I know a better lawyer as other-ace.

Ich kenne einen besseren Anwalt als ander-Crack.

Zu Beginn der Stunde wurde die Hausaufgabe von Birte vorgelesen.

The homework of Birte was read to beginning of the hour.

Die Hausaufgabe von Birte wurde zum Anfangen von der Stunde gelesen.

Die bisherigen Erfassungsmethoden mit einer Tastatur erforderten grundsätzlich eine Anpassung des Menschen an die Maschine.

The previous recording-methods with a keyboard necessitated an adaptation of the person at the machine in principle.

Die vorausgehenden Aufnahme-Methoden mit einer Tastatur erforderten eine Adaptation der Person bei der Maschine im Prinzip.

(Vgl. das Beispiel bei METAL im Kasten auf S. 53)

Er sah durch das Schaufenster das Fahrrad im Geschäft und wollte es haben.

He saw the bycycle in the business through the display window and wanted to have it

Er sah das Fahrrad im Unternehmen durch das Auslage-Fenster durch und möchte es haben.

Das grüne und das rote Kleid sind in der Reinigung.
That becomes green and the red dress is in the cleaning.
Das wird grün und das rote Kleid im Reinigen.

He saw that gasoline can explode.
Er sah, jenes Benzin kann explodieren.

Text aus dem Wort-für-Wort Übersetzungsspiel (vgl. S. 10)

„Cliffie?“ Edith rief. „Haben Sie, Sie ließen jene Schubladen noch leeren?“ Eine lange Wartezeit, als üblich, bevor er antwortete. „Ja.“ Sein Laut war schwach. Edith wußte er hadn't leerten die Kommode, obwohl er gesagt hatte, daß er sich ihm tun möchte, so ging sie in sein Zimmer – wessen Tür war offen – und mit einer heitren Luft fing es für ihn zu tun an. Cliffie wurde über den Umzug umgeworfen, Edith wußte, obwohl he'd, der das Haus gesehen wurde, und liebte es und in einem Weg sah vorwärts. „Can't werden viel erledigt, wenn Sie das Lesen von komischen Büchern brüten,“ Edith sagte.

Seit 1987 bietet eine Privatfirma in Frankreich SYSTRAN-Übersetzungen in verschiedenen Sprachen über Minitel an (eine Art Bildschirmtext, Kosten pro Wort ca. 9 Pfennig, Arabisch und Russisch 13 Pfennig⁹⁹). Kaufen (ca. 200 000 DM für die Software, Speicherbedarf mindestens 140 MB) oder mieten kann man auch LOGOS, ein System für verschiedene Sprachrichtungen, seit 1980 auch Deutsch-Englisch (130 000 Einträge im Grundlexikon, ca. 30 000 Regeln). Auch SYSTRAN und LOGOS kommen nicht ohne gründliche Nachredaktion aus, vollautomatische Übersetzungen gibt es nur in sehr eingeschränkten Domänen mit stark reglementierter, floskelhafter Sprache (z. B. TAUM-METEO, ein System zur Übersetzung von Wetterberichten vom Englischen ins Französische in Kanada).

Inzwischen gibt es auch Angebote zur maschinellen Übersetzung bei den *On-line*-Diensten und im Internet. Compuserve bietet unter **go Translator** oder **go CSD** Übersetzungen vom Deutschen, Spanischen, Italienischen und Französischen ins Englische und jeweils umgekehrt (drei Cent pro Wort bei reiner Maschinenübersetzung, zehn Cent pro Wort bzw. mindestens 50 Dollar bei kürzeren Texten, wenn die Übersetzung von professionellen Dolmetschern berichtet und nachbearbeitet wird, Antwort binnen 48 Stunden). Die Firma Globalink bietet gegenwärtig als Werbung für ihre Übersetzungssoftware unter der Internet-Adresse <http://www.globalink.com> einen kostenfreien vollautomatischen Übersetzungsservice an (vom Deutschen ins Englische, Französische, Spanische und Italienische sowie umgekehrt innerhalb von 24 Stunden, nötig ist eine eigene *E-mail*-Adresse; Übersetzungsbeispiele im Kasten auf S. 59). Das so beworbene Produkt ist nun auf dem Markt, der **WEB-TRANSLATOR**, ein Programm, das sich in den *Browser* einklinkt und englischsprachige Internetseiten *online* ins Deutsche übersetzt. Das ist wirklich nützlich – denn wenn „Sie Zugang zur Welt Breite Spinnwebe haben, können Sie die spätesten Spitzen und Tricks blättern und Häufig kann Fragen fragen.“¹⁰⁰ So kann man einiges über „Rechnung Clinton“ oder über neue Produkte des Marktführers erfahren: „Finden Sie heraus, wie Wort 97 handlich ausgewählt schmökert, lassen Gegenstand Schaltfläche Sie durch Dokument Text springen. . . . Büro 97 ist in Speichern überall. Finden Sie eins neben Ihnen.“

⁹⁹Die folgenden Preise und viele weitere Angaben über die in diesem Element besprochenen Systeme stammen von ZIMMER (1991), S. 171 ff. u. 257 ff.

¹⁰⁰Aus dem Handbuch einer Clipart-Sammlung.

METAL repräsentierte zwar den Stand der Technik, nachteilig war aber selbstverständlich, daß die Schülerinnen und Schüler das System nicht selbst im Unterricht erproben konnten. Mittlerweile gibt es von den großen Systemen für 300–2 500 DM auch Versionen für den PC, mit umfangreichen Wörterbüchern und relativ leistungsfähigen Parsern, z. B. SYSTRAN, PERSONAL TRANSLATOR und, als PC-Variante von METAL, T1. Bei einfachen Sätzen erzeugen sie gelegentlich brauchbare Übersetzungen, häufiger aber mißlungene. „*In most English schools they have games on one afternoon a week. On summer evenings after school, many boys and girls often go to a swimming-pool.*“ wird von den Programmen, in der angegebenen Reihenfolge, so übersetzt: „In den meisten englischen Schulen haben sie Spiele an einem Nachmittag ein Woche. Auf Sommer gehen Abende nach Schule, vielen Jungen und Mädchen häufig zu einem Swimming-pool.“ „In den meisten englischen Lehranstalten haben sie an einem Nachmittag eine Woche Spiele. An Sommer schulen Abende danach, viele Jungen und Mädchen gehen oft zu einem Schwimmtoto.“ „In den englischsten Schulen sie haben Spiele auf einem Nachmittag eine Woche. Auf Sommerabenden nach Schule gehen viele Jungen und Mädchen oft zu einem Schwimmteich.“¹⁰¹ Bei komplexeren Sachtexten sind die Programme deutlich überfordert, aber auch bei einfachen Sätzen liefern sie überraschende Interpretationen: Aus „*Mary had a little lamb*“ wird „Maria hatte ein bißchen Lamm“, aus „*All human beings are born free*“ wird „Alle Menschen sind umsonst geboren“ und auch BEATLES-Songs erscheinen im neuen Licht: „Hilfe ich, wenn Sie können, ich fühle unten und ich schätze Sie sein um, helfen mir zurückzubekommen meine Füße auf dem Boden, Willen nicht Sie bitte bitte helfen mir“ (vgl. Kasten).

Übersetzungsbeispiele Langenscheidts T1

Dem Armen fehlten die Arme.	<i>The needy missed the needy.</i>
Dem Armen fehlten beide Arme.	<i>The needy both arms were missing.</i>
Das Schloß des Grafen war mit sieben Schlössern gesichert.	<i>The castle of the count was secured with seven castles.</i>
Er war mit einem blauen Auge davongekommen und machte blau.	<i>He had got away with a blue eye and stayed away</i>
If I fell in love with you would you promise to be true, and help me understand? Because I've been in love before, and I found that love was more, than just holding hands. (Beatles)	<i>Wenn Ich sich in Ihnen verliebte würden Sie versprechen, wahr zu sein, und helfen Sie mir, zu verstehen? Weil ich schon früher verliebt gewesen bin, und ich fand, daß Liebe mehr war, als gerechte Holdinggesellschaftshände (T1, nach c't 7/96, S. 92)</i>

Es ist nicht einfach, Übersetzungssysteme modular zu halten und vorhandene Systeme für weitere Sprachrichtungen zu erweitern. Auch nah verwandte Sprachen haben Eigenheiten in den Wortfeldgrenzen und in der Grammatik, die jeweils neue Lösungen erfordern¹⁰²

¹⁰¹Vgl. für einen ausführlichen Test und weitere Übersetzungsbeispiele Johannes LECKEBUSCH (1997, 1998). Insgesamt scheinen die genannten Programme recht unterschiedliche Stärken zu haben: SYSTRAN die Syntexanalyse, PERSONAL TRANSLATOR die Auflösung von Mehrdeutigkeiten, T1 die Analyse von Komposita.

¹⁰²„Die Sprachen unterscheiden sich nicht durch das, was sie ausdrücken können oder nicht, sondern

(als nur ein Beispiel unter vielen der unterschiedliche Gebrauch bestimmter, unbestimmter und gar keiner Artikel im Französischen, Englischen und Deutschen, ganz zu schweigen von Sprachen ohne Artikel wie Russisch oder Türkisch und Sprachen völlig anderer Struktur wie Chinesisch). Wenn – wie in der EU – regelmäßig Texte nicht nur in einer einzigen, sondern in sehr vielen Sprachrichtungen übersetzt werden müssen, erscheint es lohnenswert, nicht mehr mit speziellen, an die beiden beteiligten Sprachen angepaßten Transfer-Modellen, sondern mit einer „Interlingua“¹⁰³, einer künstlichen Zwischensprache, zu arbeiten. Diese Interlingua steht dann als eine Art Drehscheibe im Mittelpunkt einer sternförmigen Anordnung, von jeder Ausgangssprache wird erst in die Zwischensprache, dann in die Zielsprachen übersetzt (bei zwölf beteiligten Sprachen hat man dann nur noch 24 Richtungen statt 132).

Seit 1985 wurde mit einem Etat von weit mehr als 50 Millionen DM an verschiedenen Forschungsstätten der EU-Mitgliedsländer gemäß dieser Konzeption an einem Übersetzungssystem EUROTRA gearbeitet, ohne daß bisher ein praxisreifer Prototyp entwickelt werden konnte. Eingegebene Texte sollen bei diesem System schrittweise (Analyse der grammatischen „Oberfläche“ gemäß einer *Eurotra Constituent Structure*, Analyse der Abhängigkeiten und grammatischen „Rollen“ mit Repräsentation in der *Eurotra Relational Structure*) in eine formallogische *Interface Structure* überführt und von da, unter Umkehrung der Zwischenschritte, in der Zielsprache generiert werden; als Interlingua dient hier also eine formalisierte Sprache, ähnlich der Prädikatenlogik, angereichert mit der formalen Repräsentation syntaktischer und semantischer Merkmale.

Die Schwierigkeiten bei diesem Unternehmen zeigen klar das grundlegende Dilemma der Computerlinguistik auf: Natürliche Sprachen sind mehrdeutig, schillernd, gerade deswegen so ausdrucksstark und andererseits für die formalen Operationen eines Computers völlig unbrauchbar, formalisierte Sprachen sind eindeutig, im Wortsinne berechenbar, aber wesentlich ausdrucksärmer (zu den Verlusten bei der Formalisierung von Sprache vgl. auch oben den Exkurs zur Aussagenlogik, den Abschnitt 3 von Teil 2 und das Kapitel A hier im Anhang). Andere Ansätze versuchen es daher als eine Art Kompromiß mit einer weniger formalisierten Interlingua, z. B. mit Esperanto, mit dem Argument, daß diese Sprache „die inhaltliche Ausdrucksfähigkeit einer menschlichen Sprache mit einer besonders übersetzungsfreundlichen Struktur“ vereint und vor allem „seit über hundert Jahren draußen im Leben erprobt und fortentwickelt“ wurde: „Eine Zwischensprache muß über *intersubjektiv feststehende Bedeutungen* verfügen. Diese entstehen nur im konkreten Sprachgebrauch in einer Gemeinschaft. Sie lassen sich nicht am grünen Tisch festlegen.“¹⁰⁴ Wieder andere, wie der maßgeblich an der Entwicklung von METAL beteiligte Thomas SCHNEIDER, stellen das Konzept einer Interlingua grundsätzlich in Frage: „Da muß jeder Satz doppelt übersetzt werden: von der Ausgangssprache in die Interlingua und von dort in die Zielsprache, und bei jeder Übersetzung geht notgedrungen etwas verloren. Das wäre nur zu verhindern, wenn die vielfältigen Eigenschaften der Sprachen in einer Interlingua abgebildet werden könnten – eine Unmöglichkeit.“¹⁰⁵

durch das, was sie ausdrücken müssen oder nicht.“ (Claude Hagège (1987), S. 51.)

¹⁰³„Interlingua“ war ursprünglich der Name einer künstlichen, zur weltweiten Kommunikation vorgeschlagenen Sprache (wie Esperanto) mit romanischer Grammatik und standardisiertem Wortschatz westeuropäischer Herkunft, vgl. CRYSTAL (1993), S. 352 ff.

¹⁰⁴Klaus SCHUBERT (der ein entsprechendes Grammatikmodell entwickelt hat) zitiert nach ZIMMER (1991), S. 188.

¹⁰⁵Zitiert nach Gero v. RANDOW (1991), S. 28.

Bei Übersetzungssystemen für gesprochene statt geschriebener Sprache kommen eine Reihe weiterer Probleme dazu. Ein Text wie dieser hat klare Wort- und Satzgrenzen, die Worte bestehen aus diskreten, wohlunterschiedenen und im Computer fest codierten Zeichen, die Sätze sind meist vollständig und grammatikalisch korrekt. Beigesprochener Sprache ähnelnd anders als nichtspontaner und jedersprachiger, d. h. hier ist zusätzlich *Spracherkennung* nötig. Außerdem unterscheiden sich die in Gesprächen eingesetzten Mittel deutlich von schriftlichen Äußerungen, zusätzlich zum „eigentlichen Text“ spielen Mimik, Gestik und Betonungen eine entscheidende Rolle.

Die Unterstützung durch nonverbale Mittel entfällt beim Telefonieren, und Telefonate ins Ausland sind nicht immer hinreichend verständlich und erfolgreich. Hier Abhilfe schaffen soll das System C-STAR, ein Gemeinschaftsunternehmen der Carnegie-Mellon-Universität (Pittsburgh), ATR (Kyoto) und Siemens mit dem Ziel der simultanen Übersetzung von Telefongesprächen in (US-) Englisch, Japanisch und Deutsch. In einem Video kann man eine Demonstration des Leistungsstandes bewundern: sehr kleine Domäne (Buchung und Anreise bei einer Konferenz), ein Wortschatz von etwa 700 Wörtern, für die Spracherkennung werden pro Satz ca. 10–20 Sekunden benötigt (die Übersetzung geht dann schneller) und die Sätze werden nicht spontan gesprochen, sondern *vorgelesen*.¹⁰⁶

Ein anderes internationales Gemeinschaftsprojekt – 20 deutsche und zwei amerikanische Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie sieben Unternehmen der Informationstechnologie – ist VERBMOBIL, ein mobiles Gerät, „das man bei Treffen mit fremdsprachlichen Diskussionspartnern einsetzen kann, um eine Übersetzung des Dialogs zu unterstützen.“ Ausgegangen wird dabei von der Annahme, daß die Dialogpartner „beide Englisch passiv beherrschen, aber keine perfekte aktive Sprachbeherrschung aufweisen,“ somit „im Falle wenig gebräuchlicher Wörter oder Formulierungen, besonders schwieriger Satzkonstruktionen und für den Gesprächserfolg wichtiger Diskussionsabschnitte ... den Gebrauch ihrer Muttersprache“ vorziehen. Dann kann „jeder Partner seine Version von Verbmobil aktivieren (zum Beispiel ... Deutsch-Englisch oder Japanisch-Englisch)“ und „Übersetzungen der jeweiligen Muttersprache ins Englische generieren.“¹⁰⁷

Das Projektziel ist in mancherlei Hinsicht sehr anspruchsvoll: nicht einzeln gesprochene Wörter, nicht vorgelesene Sätze, sondern fließend gesprochene, inkrementell erzeugte Spontansprache; nicht auf spezielle Sprecher trainiert, nicht nur sprecherunabhängig, sondern sogar „sprecheradaptiv“; keine Monologe, nicht vergleichsweise einfache Auskunftsdialoge, sondern echte Verhandlungsdialoge in *Face-to-Face*-Situationen. Angestrebt wird dafür eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der Bereiche Künstliche Intelligenz, Computerlinguistik, Spracherkennung, Neuroinformatik, und Übersetzungswissenschaft (z. B. empirische Untersuchungen darüber, wie Dolmetscher arbeiten), weiter gibt es soziologische Begleituntersuchungen zur Akzeptanz und zur Folgenabschätzung. Aus der Sicht der KI und Informatik ist dabei besonders interessant, daß hier recht unterschiedliche Gebiete der Sprachtechnologie – z. B. die am Symbolverarbeitungsansatz orientierten Forschungen zu neueren Grammatikformalisten und zur formalen Repräsentation von Elementen der Diskurs- und Situationsemantik (vgl. unten Abschnitt A.4) einerseits, subsymbolisch („konnektionistisch“) orientierter Einsatz neuronaler Netze zur Mustererkennung andererseits – zusammengeführt und integriert werden sollen.

Die Hauptphase dieses größten wissenschaftlichen Softwareprojekts in Deutschland starte-

¹⁰⁶Für diesen Hinweis (und einige weitere) danke ich Wolfgang MENZEL.

¹⁰⁷Wolfgang WAHLSTER (1993), S. 20. Siehe auch WAHLSTER (1997).

te im Jahr 1993. Das Projekt ist auf acht bis zehn Jahre ausgelegt und wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie allein in den ersten vier Jahren mit ca. 65 Millionen DM gefördert, weitere 30 Millionen kamen von der Industrie. In dieser ersten Phase wurde ein Forschungsprototyp entwickelt, der aus mehr als einem Dutzend Modulen von der Spracherkennung über die Prosodie-, Syntax- und Semantik-Analyse bis hin zur Generierung und Synthese gesprochener Sprache besteht. Der Prototyp verfügt über ca. 2 500 Wörter und arbeitet in der sehr eingeschränkten Domäne der Vereinbarung von Terminen. Dabei werden auch pragmatische Aspekte dieses Bereiches berücksichtigt, z. B. typische Dialogakte wie Termine vorschlagen, zurückweisen oder akzeptieren. Besondere Aufmerksamkeit genießt die Prosodie-Komponente. An Hand der Betonung werden nicht nur Wort- und Satzgrenzen erkannt, sie dient auch zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten: „Wir müssen noch einen Termin vereinbaren“ kann je nach Satzmelodie bedeuten, daß die Terminabsprache noch aussteht oder daß ein zweiter Termin nötig ist. Bei einem Test der Spracherkennungskomponenten von VERBMOBIL ergab sich nach Angaben der Systementwickler bei einer Stichprobe von unbekanntem spontansprachlichen Terminverhandlungsdialogen eine Worterkennungsrate von 73,3%.¹⁰⁸

Ob am Ende wirklich ein einsatzfähiges Produkt steht, oder ob es sich – wie so oft – „nur“ um ein Förderprogramm für die Grundlagenforschung handelt, bleibt abzuwarten.

8 Sprache, Denken, Welt

Unterrichtsskizze

Nach der einleitenden Aufforderung, sich – wie in einem *Science-Fiction*-Film – die Landung in einer völlig anderen, ganz seltsamen Welt *vorzustellen* und diese Vorstellungen dann zu *beschreiben*, wurde in diesem Unterrichtselement ein Textausschnitt aus der *Logischen Propädeutik* von Wilhelm KAMLAH & Paul LORENZEN (1967, S. 45–52) gelesen und besprochen unter der Fragestellung:

- Welche Funktionen der Sprache werden im Text genannt? Was sind und welche Rolle dabei spielen *Eigennamen* und *Prädikatoren*?
- Wie bestimmen die Autoren das Verhältnis von *Sprache* und *Welt*, welche Konsequenzen ergeben sich daraus für das Verhältnis von *Sprache* und *Denken*?
- Wodurch wird unser Gebrauch der Sprache ermöglicht und geprägt?
- Läßt sich der Gebrauch von Prädikatoren eindeutig regeln und in andere Sprachen übersetzen? In welchen Fällen eher ja, in welchen eher nicht?

In der anschließenden, durch weitere Beispiele angereicherten Diskussion wurde als Ergebnis festgehalten, daß

¹⁰⁸Bei meinen eigenen Versuchen waren die Resultate schlechter: Aus „Wann ham’s e denn am Donnerstag Zeit?“ wurde „Then you do thursday. Fine.“ Wahrscheinlich nuschele ich zu sehr. Ausführliche Informationen zu VERBMOBIL erhält man z. B. über <http://www.dfki.uni-sb.de/verbmobil> oder <http://www.informatik.uni-hamburg.de/NATS>.

- Sprache u. a. die Funktion hat, uns unsere Welt zu erschließen, indem wir Unterscheidungen treffen und Verbindungen herstellen, Bekanntes identifizieren und Unbekanntes einordnen;
- Sprache somit die „Welt“ weder bloß abbildet noch erst hervorbringt;
- also die Sprache einerseits kein neutrales Instrument oder Medium des Denkens und der Wahrnehmung ist, andererseits aber auch nicht das Denken determiniert, daß aber eine enge Verbindung von Sprache und Denken besteht, da die begrifflich erkannte „Welt“ immer auch eine sprachlich erschlossene „Welt“ ist;
- unser Gebrauch der Sprache durch Evolution, kulturelle Tradition und gemeinsame Lebenspraxis geprägt ist und daß vor diesem gemeinsamen Hintergrund auch Unschärfen und Mehrdeutigkeiten in der Regel kein Problem darstellen (und bei Bedarf durch schärfere Abgrenzungen ersetzt werden können);
- es demnach zwischen verschiedenen Sprachgemeinschaften zwar viele Gemeinsamkeiten, aber auch mehr (z. B. bei abstrakten Begriffen oder im kulturellen Bereich) oder weniger (z. B. bei sinnlich wahrnehmbaren und speziell technischen Gegenständen) abweichende Unterscheidungen und Sichtweisen gibt.

Kommentar

Nach der Zuspitzung auf formale Grammatiken und die technischen Probleme maschineller Übersetzung in den vorangegangenen Unterrichtselementen und der damit verbundenen Verengung der Sicht auf die Sprache als Zeichensystem sollte nun in diesem und im folgenden Unterrichtselement – vor der Behandlung der Probleme „wirklichen“, auch Aspekte der Semantik und Pragmatik einbeziehenden Sprachverstehens – der Blick geöffnet werden für die vielfältigen Funktionen und Bedingungen der menschlichen Sprache als Denk- und Verständigungsmittel.

Als Einführung dazu ist der Text von KAMLAH & LORENZEN (auch wenn man nicht dem in diesem Buch intendierten Programm folgt) sehr gut geeignet. Die Unterscheidung in *Eigenname* und *Prädikator*, die mir sehr sympathisch ist, da sie im Akt der Prädikation den Aspekt der *Handlung* betont, ist möglicherweise ungewohnt, läßt sich aber durch Hinweise wie „Wörter, die *genau einen* Gegenstand bezeichnen“, „Wörter, für die sich *mehrere* Beispiele und Gegenbeispiele angeben lassen“ und vor allem weitere Beispiele leicht verdeutlichen (dabei kann dann auch gleich gezeigt werden, was mit „exemplarischer Einführung“ und „deiktischer Handlung“ gemeint ist).

Die zunehmende „Weltbemächtigung“ durch Sprache (a. a. O., S. 46) kann man bei Kindern gut beobachten und mit Beispielen aus den wissenschaftlichen Fachsprachen illustrieren, die Kursteilnehmer erinnerten und fanden selbst viele Beispiele (ich selbst weiß noch genau, wie ich als junger Erwachsener lernte, was eine *Volvo-Amazone* ist und dann – und erst dann – dauernd welche bemerkte, oder wie ich zum ersten Mal eine *Kaki* sah, und meine Irritation darüber, daß ich das nicht kannte, deutlich gemildert wurde, als sich meine Vermutung bestätigte, daß es sich um *Obst* und nicht um z. B. *Gemüse* handelte).

Es lohnt sich, an Beispielen wie *Stuhl* und *Sessel* (a. a. O., S. 47) eine genaue Abgrenzung zu versuchen. Zum einen wird der Unterschied zwischen exemplarischer Einführung („Prototypen“) und exakter Definition sehr deutlich (und daß sich viele Begriffe eben nicht durch

die Angabe einer Liste von einzeln notwendigen und zusammen hinreichenden Bedingungen definieren lassen¹⁰⁹), zum anderen zeigt sich, wie unterschiedlich der Sprachgebrauch auch innerhalb einer sprachlichen Gemeinschaft (Kursteilnehmer) sein kann, ohne aufzufallen oder zu Problemen zu führen. Bei Bedarf können in eng umgrenzten Zusammenhängen (z. B. Mathematik) exakte Definitionen eingeführt werden, aber das gelingt nur begrenzt und nicht für den gesamten Bereich der Sprache; bei Definitionen muß „immer schon“ Bekanntes vorausgesetzt werden. In der Alltagspraxis spielen solche „Unschärfen“ (a. a. O., S. 47) kaum eine Rolle, durch Evolution (S. 51), kulturelle Tradition (S. 48), Erziehung (S. 46) und „Miteinanderleben“ (S. 48) verfügen wir über einen gemeinsamen Hintergrund, vor dem in konkreten Situationen – meist unbewußt – Unschärfen und Mehrdeutigkeiten aufgelöst werden (und es ist äußerst fraglich, ob unser Sprachverstehen von diesem Hintergrund gleichsam abgeschöpft und in ein Computerprogramm übertragen werden kann).

Schon in den ersten Stunden jedes Fremdsprachenunterrichtes lernt man, daß die Vokabeln einander häufig nicht eins-zu-eins entsprechen, sondern verschiedene Bereiche einer Bedeutungsskala abdecken (Beispiele: „*big*“ und „*large*“ gegen „*dick*“ und „*groß*“, „*nugget*“, „*clot*“ und „*lump*“ gegen „*Klumpen*“, „*Brocken*“ und „*Stück*“¹¹⁰) bzw. einen anderen begrifflichen Umfang haben (z. B. muß „*Bein*“ bei Menschen-, Fliegen-, Tisch- oder Stuhlbeinen unterschiedlich ins Spanische oder Französische übersetzt werden, und man kann es nicht – wie im Englischen – als Bezeichnung für die Etappe einer Reise verwenden¹¹¹) und so unterschiedliche „Wortnetze“ entstehen. Weiter werden, nach den Erfordernissen der Lebenspraxis, weniger oder mehr (z. B. für *Schnee* bei den Eskimos,¹¹² *Sand* in den australischen Sprachen, *Reis* (am Halm, roh, gekocht, als Brei, klebrig) im Malaiischen, *Fahrzeuge* bei uns) Differenzierungen vorgenommen, und für manche vertrauten Wörter gibt es in anderen Sprachen nur Umschreibungen (z. B. gibt es im Englischen keinen allgemeinen Ausdruck für den Fahrer von Fahrzeugen¹¹³ und aus dem Kreis der Kursteilnehmer kam die Klage, daß es im Deutschen keinen adäquaten Ausdruck für „*boyfriend*“ gebe, weder „*Freund*“ noch „*Partner*“ oder „*Liebhaber*“ sei treffend). Diese Unterschiede gibt es selbstverständlich nicht nur auf der Wort- und Begriffsebene, sie setzen sich auf der Ebene der Wortverbindungen und der Grammatik fort¹¹⁴ (im Deutschen kann man – nur als

¹⁰⁹Mehr dazu unten im Abschnitt A.1.2, S. 113 ff.

¹¹⁰Vgl. Helmut SEIFFERT (1969), S. 16 ff. (in der überarbeiteten Neuauflage ab 1982 kommen diese Beispiele nicht mehr vor).

¹¹¹Aus solchen Beispielen „lassen sich zwei Dinge ableiten. Erstens ist Mehrdeutigkeit von Wörtern ein relativer Begriff. So ist das Wort *brother* in bezug auf einige Sprachen (z. B. Deutsch) eindeutig, in bezug auf einige im obigen Sinn mehrdeutig [im Polynesischen wird zwischen ‚Bruder eines Jungen‘ und ‚Bruder eines Mädchens‘ unterschieden] und in bezug auf wieder andere Sprachen wahrscheinlich noch auf andere Weise mehrdeutig. Zweitens wird es unmöglich sein, irgendeine Sprache (sagen wir Sprache*) zu finden, die in bezug auf alle möglichen natürlichen Sprachen eindeutig ist. Denn wenn irgendein Substantiv aus Sprache* kein Eigennamen ist, muß es sich auf mindestens zwei unterscheidbare Objekte/Zustände des Universums beziehen, weil es mehrere Exemplare einer Gattung bezeichnet. Aber dann besteht die Möglichkeit, daß es eine natürliche Sprache gibt, in der zwei Gattungsnamen durch dasselbe Kriterium unterschieden werden, das zwei Referenten des einen Gattungsnamen aus Sprache* unterscheidet. Da dies der Hypothese der eindeutigen Übersetzung widerspricht, folgt, daß es in Sprache* nur Eigennamen geben kann (einen für jeden unterscheidbaren Zustand des Universums), was ich jedoch als absurde Vereinfachung empfinde.“ (John HAUGELAND, zitiert nach DREYFUS (1985), S. 354.)

¹¹²Ob das alles wirklich so ist, weiß ich aus eigener Kenntnis nicht. „In fact this is one of the great myths of linguistics. Eskimo actually has only two words for ‘snow’ (*qanik* for ‘snow in the air’, and *aput* for ‘snow on the ground’), which is rather fewer than English, for example, (*snow, sleet, slush, hail, freezing rain, blizzard*)“ (HUTCHINS & SOMERS (1992), S. 102; vgl. dazu genauer George A. MILLER (1995), S. 19).

¹¹³Vgl. CRYSTAL (1993), S. 15.

¹¹⁴„Die Bedeutung ist überall. Der Übersetzer weiß dies instinktiv oder aus Erfahrung und wählt daraufhin

kleines Beispiel – einfach „Zwei Bier“ bestellen, im Französischen oder Englischen geht das nicht, dort wird mit Substanzen, Volumina und Gefäßen sprachlich anders umgegangen; noch viel größer sind selbstverständlich die Unterschiede zwischen weniger verwandten Sprachen).

Das alles zeigt, daß die Sprache keinesfalls eine „objektiv vorhandene Realität“ schlicht „abbildet“ (wie häufig in der philosophischen Tradition und besonders einflußreich von RUSSELL und dem WITTGENSTEIN des *Tractatus* behauptet wurde; vgl. die Abschnitte die Abschnitte 3.3 und 3.4 im Teil 2). Ob allerdings mit diesen – phylogenetisch gesehen – eher „willkürlichen“ und „zufälligen“ sprachlichen Unterschieden, die aber – ontogenetisch gesehen – „immer schon“ vorgefunden werden und prägend sind, jeweils wirklich eine – wie das von KAMLAH & LORENZEN (1967, S. 48) angeführte HUMBOLDT-Zitat sagt – buchstäblich andere Sicht der Welt und ein je anderes Denken verbunden sind, ist eine offene und viel diskutierte Frage. Wenn Zeit und Interesse vorhanden ist, kann HUMBOLDTS Sicht mit Beispielen von Benjamin Lee WHORF (1963) vertieft und witer diskutiert werden, z. B. mit der durch unsere Subjekt-Prädikat-Struktur nahegelegten „Täterschaft“ bei „*Es blitzt*“ im Gegensatz zur Hopi-Sprache (a. a. O., S. 65). In ihrer radikalen Zuspitzung hatte diese nach ihm und seinem Lehrer Edward SAPIR benannte These, daß die Art und Weise unseres Denkens durch die jeweilige Sprache bestimmt wird,¹¹⁵ in den vergangenen Jahrzehnten eine große Konjunktur. CHOMSKYS These der sprachlichen Universalien (vgl. oben S. 41) wirkte dann als Gegengewicht, aber auch ohne deren zweifelsfreien Nachweis hat sich die (auch von CHOMSKY programmatisch vertretene) Einsicht durchgesetzt, daß bei allen Unterschieden die Menschen *als* Menschen doch so gleich sind (und daß die Unterschiede *innerhalb* der Kulturen, „Rassen“, Geschlechter größer sind als *zwischen* ihnen), daß auch über Sprachgrenzen hinweg das Denken der anderen verstanden werden kann.¹¹⁶ „In abgeschwächter Form wird die Sapir-Whorf-Hypothese heute jedoch allgemein akzeptiert. Möglicherweise bestimmt die Sprache nicht unsere Art zu denken, doch beeinflußt sie unsere Wahrnehmung, Erinnerung und die Leichtigkeit, mit der wir geistige Aufgaben ausführen.“¹¹⁷

eine Position im Satz, um eine Form zu übersetzen, oder eine Form, um ein Wort zu übersetzen.“ (J.-M. ZEMB, zitiert nach HAGÈGE (1987), S. 51.)

¹¹⁵Noch weiter geht die vom „Radikalen Konstruktivismus“ vorgetragene These, „daß der Akt des Erkennens in der Koordination des Verhaltens, welche die Sprache konstituiert, eine Welt durch das In-der-Sprache-Sein *hervorbringt*“ (Humberto R. Maturana & Francisco J. Varela (1987), S. 253). Diese – erkenntnistheoretische – Frage habe ich hier im Unterricht nicht weiter verfolgt.

¹¹⁶Einen sehr hilfreichen Überblick über Antworten zur Frage, „was allen Menschen gemeinsam ist und wie sie sich unterscheiden,“ gibt – „von einer platonischen These über eine romantische Gegenthese zu der gegenwärtigen, von der Humanbiologie wie den Sprachwissenschaften nahegelegten Synthese“ – Elmar HOLENSTEIN (1994).

¹¹⁷David CRYSTAL (1993), S. 15. Zur weiteren Diskussion der SAPIR-WHORF-These siehe dort und z. B. auch bei Donald DAVIDSON (1986c), Winfried FRANZEN (1995), Claude HAGÈGE (1987), Franz von KUTSCHERA (1975), S. 289 ff., George STEINER (1994), S. 82 ff. (mit einer Übersicht über die historische Entwicklung der These der Sprachenrelativität von LEIBNIZ und HAMANN über HERDER und HUMBOLDT bis WHORF), Dieter E. ZIMMER (1988), S. 119 ff.; und, ausführlich zu dem Problem „Sprache und Denken“, Gottfried SEEBASS (1981) und selbstverständlich den „Klassiker“ Lew Semjonowitsch WYGOTSKI (1986).

9 Sprechen ist Handeln

Unterrichtsskizze

Dieses Unterrichtselement wurde (etwas deutlicher als sonst, aber nicht demonstrativ) durch eine Reihe von (indirekten) *Sprechakten* eingeleitet. („Ich wäre Ihnen dankbar, wenn Sie das Fenster schließen würden.“, „Macht es Ihnen etwas aus, die Zeitung wegzulegen?“, „Da liegt Papier auf dem Boden.“, „Ist es nicht etwas dunkel hier?“, „Wenn Sie nicht endlich aufhören zu reden, gibt es Ärger!“, „Weiß jemand, wo Peter ist?“) Offiziell wurde dann der Unterricht mit der Frage begonnen, welche Bedeutung der Satz

Es hat geklingelt

hat. Es sollte dabei skizziert werden, in welchen Situationen er sinnvoll geäußert, welche Absicht (Intention) jeweils verfolgt und welche Reaktion erwartet werden könnte (Aufforderung, die Stunde zu beenden, Warnung, sich ruhig zu verhalten, damit der Besuch nicht merkt, daß man zu Hause ist usw.).

Im Mittelpunkt dieses Unterrichtselementes stand dann die Lektüre von Textausschnitten aus *Sprechakte* von John R. SEARLE (1971, S. 30 f., 38–42, 49 f.), vorbereitet unter der Fragestellung:

- Wie begründet SEARLE, daß nicht *Sätze*, sondern *Sprechakte* die Grundeinheiten sprachlicher Kommunikation sind?
- Wie unterscheidet er zwischen *Äußerungsakt*, *propositionaler Akt*, *illokutionärer Akt*, *perlokutionärer Akt*?
- Woran läßt sich die illokutionäre Rolle der Äußerung eines Satzes feststellen?

Als Ergebnis der durch weitere Beispiele (s. o.) angereicherten Textlektüre wurde festgehalten, daß

- mündliche und schriftliche Äußerungen anders als Naturphänomene (z. B. die Konfiguration von Sternen, das Geräusch des Windes) immer mit bestimmten Intentionen verbundene, zum Zwecke der Kommunikation vollzogene Akte, insofern *Handlungen* von Mitmenschen sind;
- man beim Vollzug solcher Akte verschiedene Dimensionen des Aktes unterscheiden kann: die physikalisch beschreibbare Produktion von Lauten oder Schriftzeichen, die durch eine Äußerung zum Ausdruck gebrachten Sachverhalte (Vollzug von Referenz und Prädikation), die durch den Sprechakt vollzogene Handlung (Behauptung, Bitte, Befehl, Frage, Versprechen, Warnung usw.), die sehr unterschiedlich sein kann, obwohl Referenz und Prädikation (und damit der *propositionale Gehalt*) gleich sind, sowie die Wirkung dieser Handlung;
- die illokutionäre Rolle einer Äußerung explizit genannt werden kann („ich taufe . . .“, „ich entschuldige . . .“), z. B. durch Betonung, Wortstellung, Verbmodus angezeigt wird oder aus dem Zusammenhang erschlossen werden muß.

Letzteres führte zum Problem der (viel häufigeren) *indirekten Sprechakte*, deren Rolle eine andere oder zusätzliche als die durch die bloße Äußerung angezeigte ist („*Es hat geklingelt*“ ist nicht nur eine Beschreibung oder Behauptung, sondern auch eine Aufforderung), und zur Lektüre eines weiteren Textes von SEARLE (1982, S. 51–53). Dabei wurde erneut herausgestellt, daß jemand indirekte Sprechakte sinnvollerweise nur vollziehen kann, wenn sie oder er sich (bewußt oder unbewußt) darauf verläßt, daß die Fähigkeiten der Adressaten über das Sprachverständnis im engeren Sinne (Wortbedeutungen, Grammatik usw.) weit hinausgehen (z. B. Schlußfolgern, gemeinsame Hintergrundinformationen).

Abschließend wurde kurz besprochen, welche Konsequenzen es hat, wenn nicht Sätze, sondern Sprechakte als Grundeinheit der Analyse von Kommunikation und Sprachverstehen genommen werden: Sprechakte können – wie andere Handlungen auch – *gelingen* oder *mißlingen*. Gelungene illokutionäre Akte sind – unabhängig vom perlokutiven Akt (es geht um die *Absicht*, eine Wirkung zu erzielen, nicht um den Erfolg) – solche, bei denen das Gemeinte nach gewissen Regeln und Konventionen so gesagt wird, daß auch verstanden wird, was wie gemeint ist.¹¹⁸ Meinen und Verstehen der Bedeutung einer Äußerung erfordern also erstens eine Kenntnis der Sprache und bestimmter Sachverhalte (Referenz und Prädikation), darüber hinaus sind aber auch *psychologische* (z. B. Überzeugungen und Wünsche, auch zweiter und höherer Art als Überzeugungen über Überzeugungen und Wünsche usw.) und *soziale* (z. B. Stellenwert und Regularien einer Wette, einer Taufe oder einer Kriegserklärung in einer Gesellschaft) Aspekte relevant.

Kommentar

Ludwig WITTGENSTEIN hat sich in seinen *Philosophischen Untersuchungen* radikal von seiner früher im *Tractatus* vertretenen Abbildtheorie der Sprache (vgl. den Abschnitt 3.4 im Teil 2) – „Die Wörter der Sprache benennen Gegenstände – Sätze sind Verbindungen von solchen Benennungen“, „Jedes Wort hat eine Bedeutung. Diese Bedeutung ist dem Wort zugeordnet. Sie ist der Gegenstand, für welchen das Wort steht.“ – abgewandt. Dieser Begriff der Bedeutung ist für ihn nun „in einer primitiven Vorstellung von der Art und Weise, wie die Sprache funktioniert, zu Hause.“ Nun gilt: „Man kann für eine *große* Klasse von Fällen der Benützung des Wortes ‚Bedeutung‘ – wenn auch nicht für *alle* Fälle seiner Benützung – dieses Wort so erklären: Die Bedeutung eines Wortes ist sein Gebrauch in der Sprache.“ Anders als im Frühwerk wird hervorgehoben, „daß das Sprechen der Sprache ein Teil ist einer Tätigkeit, oder einer Lebensform“, und „das Ganze: der Sprache und der Tätigkeiten, mit denen sie verwoben ist,“ nennt er ein „Sprachspiel“. „Es gibt *unzählige* solcher Arten: unzählige verschiedene Arten der Verwendung alles dessen, was wir ‚Zeichen‘, ‚Worte‘, ‚Sätze‘ nennen,“ eben nicht nur „Beschreiben“ und „Darstellen“, sondern auch „Behauptung, Frage und Befehl“, „Vermutungen“, einen „Witz machen“, „Bitten, Danken, Fluchen, Grüßen, Beten“ usw. (und die vergleichbare *Praxis* aller Menschen ist deshalb auch Grundlage für die Übersetzung solcher „Sprachspiele“, denn „die gemeinsame menschliche Handlungsweise ist das Bezugssystem, mittels welches wir uns eine fremde

¹¹⁸ „Ein Sprecher, der mittels der aufrichtigen Äußerung eines Satzes einen illokutionären Akt vollzieht, hat die Absicht, beim Zuhörer eine bestimmte Wirkung dadurch zu erzeugen, daß er ihn dazu bringt zu erkennen, daß er jene Wirkung hervorzurufen beabsichtigt; und wenn er die Wörter aufrichtig verwendet, intendiert er darüber hinaus, daß das Erkennen seiner Absicht auf Grund der Tatsache geschieht, daß die Regeln für den Gebrauch der von ihm geäußerten Ausdrücke den Ausdruck mit der Hervorbringung jener Wirkung verknüpfen“ (SEARLE (1971), S. 72). Das alles gilt selbst für so einfache Äußerungen wie „Hallo“.

Sprache deuten“).¹¹⁹

Aber das Verdienst, die Einsicht, daß Sprache außer der Darstellung von Sachverhalten noch ganz andere Funktionen hat und daß Sprechen eine Tätigkeit, ein absichtsvolles *Handeln* ist, in das Zentrum einer eigenständigen Untersuchung gerückt zu haben, gebührt John Langshaw AUSTIN. Er wandte sich gegen die zu seiner Zeit übliche Annahme, „daß etwas sagen in allen beachtenswerten Fällen . . . bloß darauf hinauslaufe, etwas *festzustellen*“ (*konstative* Äußerungen). Dagegen richtete er die Aufmerksamkeit auf *performative* Äußerungen: Es gibt viele Fälle (Taufen, Eheschließungen, Versprechen, Wetten, Basare eröffnen, Sitzungen vertagen . . .), „in denen etwas *sagen* etwas *tun* heißt; in denen wir etwas tun, *dadurch daß* wir etwas sagen oder *indem* wir etwas sagen.“ Solche Äußerungen ändern buchstäblich die „Welt“, sie sind *Handlungen*, nicht *Beschreibungen* von Handlungen. AUSTIN versuchte zunächst, Kriterien dafür zu finden, um performative Äußerungen von konstativen eindeutig abzugrenzen. Eine genauere Untersuchung führte ihn zu dem Ergebnis, daß das nicht sinnvoll gelingen kann, denn das vorher Gesagte gilt genauegenommen für *alle* Äußerungen. „Letzten Endes gibt es *nur ein wirkliches* Ding, um dessen Klärung wir uns bemühen, und das ist der gesamte Sprechakt in der gesamten Redesituation. Feststellen, Beschreiben und so weiter sind *bloß zwei* Namen unter vielen anderen für illokutionäre Akte; sie haben keine einzigartige Stellung.“¹²⁰

John R. SEARLE (1971, 1982) hat die Ansätze von AUSTIN (mit kleineren Änderungen: den *lokutionären Akt* bei AUSTIN differenziert er aus in *Äußerungsakt* und *propositionaler Akt*) zu einer umfangreichen Sprechakttheorie (z. B. darüber, welche sprachlichen und sozialen *Regeln* dem Vollzug und dem Verstehen von Sprechakten zugrundeliegen und welche Gelingensbedingungen für sie gelten) ausgebaut und weiter ergänzt (z. B. Klassifizierung, indirekte Sprechakte, Ansätze zur Formalisierung). Mit diesem Ansatz sollen die „analytischen Beziehungen“ untersucht werden, die bestehen „zwischen dem Sinn von Sprechakten; dem, was der Sprecher meint; dem, was der geäußerte Satz (oder ein anderes sprachliches Element) bedeutet; dem, was der Sprecher intendiert; dem, was der Zuhörer versteht; und den Regeln, die für die sprachlichen Elemente bestimmend sind.“¹²¹ Die Analyse von Sprechakten wurde damit zu einem wichtigen Bestandteil der Untersuchungen im Grenzgebiet von Semantik, Pragmatik, Sprachphilosophie und Handlungstheorie, und sie verdeutlicht, daß Sprache wesentlich auch eine *soziale* Aktivität ist.¹²²

Die illokutionäre Rolle vieler Sprechakte ergibt sich häufig nicht aus der Äußerung selbst, sondern aus parasprachlichen Indikatoren wie Mimik und Gestik oder aus der Situati-

¹¹⁹ *Philosophische Untersuchungen*, §§ 1 f., 43, 7, 23, 206. Es liegt sicher nahe, alternativ oder zusätzlich zu den Texten von SEARLE die entsprechenden Passagen von WITTGENSTEIN im Unterricht zu lesen. Allerdings stimme ich Eike von SAVIGNY (1993, S. 13) zu, wenn er schreibt: „Die ‚Philosophischen Untersuchungen‘ machen den Eindruck eines schlecht geordneten Zettelkastens; das Buch ist unverständlich: nicht der Sprache wegen, die klar und einfach ist, sondern weil der Gedankengang sprunghaft ist und Wittgenstein oft seine Ergebnisse gar nicht ausspricht. Außerdem benutzt er die Dialogform, ohne immer eindeutig zu kennzeichnen, ob er spricht oder sein Partner, und schreibt ironisch, ohne daß man leicht erkennen könnte, daß er es tut.“ Sein Buch ist eine sehr nützliche Einführung in das Werk von WITTGENSTEIN, AUSTIN, RYLE und anderer Vertreter der „Philosophie der normalen Sprache“.

¹²⁰ AUSTIN (1979), S. 35, 166.

¹²¹ SEARLE (1971), S. 37.

¹²² Umstritten ist dabei der Versuch von SEARLE (1987), die Theorie der Sprechakte in der Philosophie des Geistes zu verankern, indem er die sprachliche Bedeutung als „abgeleitete Intentionalität“ auf die „ursprüngliche, *intrinsic* Intentionalität“ mentaler Zustände und Ereignisse zurückführt (vgl. hierzu Abschnitt 6 von Teil 2 und die Literaturhinweise dazu). Zur weiteren Entwicklung und Diskussion der Sprechakttheorie siehe den von Günther GREWENDORF (1979) herausgegebenen Band.

on. Das „Prinzip der Ausdrückbarkeit“, das „Prinzip, daß man alles, was man meinen, auch sagen kann“, ist für SEARLE (1971, S. 34) wesentliche Grundlage seiner Theorie der Sprechakte. Unter erschwerten Kommunikationsbedingungen ist es sicher sinnvoll, die spezielle Art der Sprechakte explizit zu machen. Ein Beispiel dafür ist der Funkverkehr in der Seefahrt, hier „sind die Seeleute gezwungen, ihre Sprache so klar wie möglich zu gestalten“. Dafür wurde 1980 „in Großbritannien ein Projekt ins Leben gerufen, um eine Sprache für die internationale Schifffahrt zu entwickeln, die *Seaspeak* genannt wird.“ Neben anderen Maßnahmen weisen spezielle Kennworte „auf die Art der Mitteilung hin. Das Anfangswort wird laut gesprochen, z. B. *Question* (Frage), *Instruction* (Anweisung), *Advice* (Ratschlag), *Warning* (Warnung) oder *Intention* (Absicht). Zu jedem gehört ein eigenes Kennwort in der Erwiderung, z. B. *Answer* (Antwort), *Instruction-received* (Anweisung erhalten), *Advice-requested* (Ratschlag erbeten). Jede Form hat ihre eigenen Regeln. So sind nur bestimmte Frageformen gestattet: Steigende Intonation und Frageanhängsel (z. B. *isn't it?*) sind nicht erlaubt.“¹²³

10 Formale Repräsentation der Semantik und Pragmatik

Unterrichtsskizze

Mit einer kurzen Gegenüberstellung wesentlicher Eigenschaften von natürlichen und formalisierten Sprachen – letztere sind anders als die mehrdeutigen, auch bei Fehlern noch gut verständlichen und universalen natürlichen Sprachen

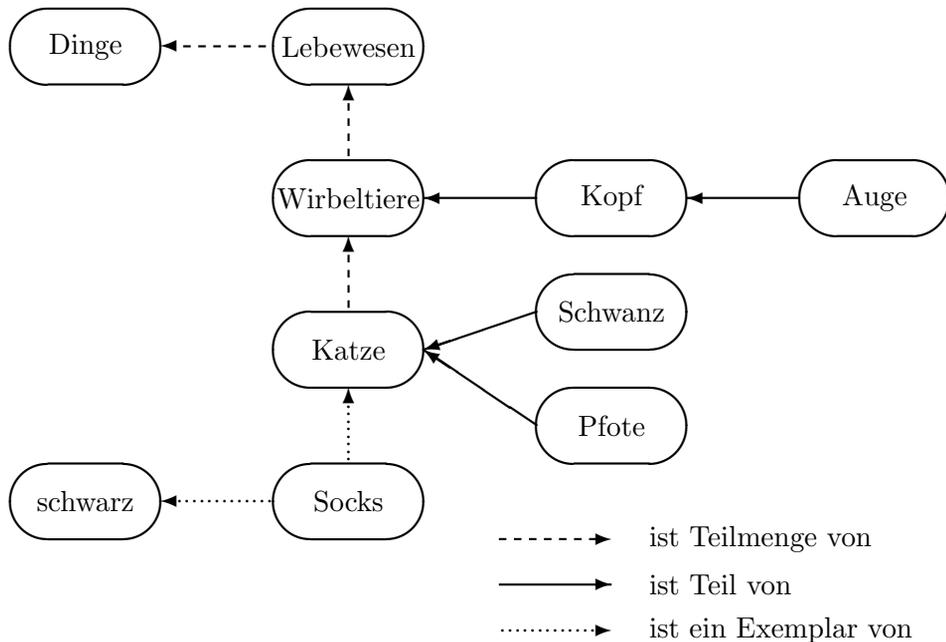
- exakt und eindeutig,
- fehlersensibel (schon ein falsch gesetztes oder ausgelassenes Komma kann ein Programm zum Absturz bringen),
- anwendungsspezifisch (jeweils für einen speziellen Zweck entwickelt),
- gut für Computer geeignet,
- zeitlich und systematisch von einer natürlichen Sprache als Mittel zur Konstruktion und als letzter Metasprache abhängig

– wurde in einer Zwischenbilanz an die Ergebnisse der vorangegangenen Unterrichtselemente angeknüpft und in Erinnerung gerufen:

- Computer sind (zumindest nach dem Symbolverarbeitungsansatz) *interpretierte automatische formale Systeme* (vgl. oben den Abschnitt 3).
- Der verständige Umgang mit Sprache – z. B. bei der Auflösung von Mehrdeutigkeiten (Abschnitte 1 und 2), bei der richtigen Übersetzung (Abschnitt 7), bei der Antwort auf Anfragen, beim Verständnis von und Schlußfolgerungen aus gegebenen Informationen – erfordert umfassendes Wissen, nicht nur über die Sprache, sondern auch über die konkrete Situation, über die „Welt“ und über die Benutzer von Sprache, ihre Intentionen und ihre soziale Gemeinschaft (Abschnitte 8 und 9).

¹²³David CRYSTAL (1993), S. 57.

Semantische Netze



Wenn in einem Text erwähnt wird, daß „Fritzi“ eine „Katze“ ist, kann mit Hilfe dieses semantischen Netzes erschlossen werden, daß „Fritzi“ ein Lebewesen mit Kopf, Augen, Schwanz und Pfoten ist und daß „Fritzi“ alle diese Eigenschaften mit „Socks“ teilt, aber eventuell nicht die Farbe.

Aufgabe:

Gehen Sie Ihr Wissen über Katzen allgemein und über spezielle Katzen durch. Welche Ergänzungen zu dem Netz fallen Ihnen ein?

- Wenn man Computersysteme entwickeln will, die Sprache verstehen, muß deshalb dieses Wissen und Können formal repräsentiert werden, und es müssen Regeln angegeben (und in Algorithmen gefaßt) werden zur formalen Operation mit diesen Repräsentationen – nicht nur für die Syntax (Abschnitte 5 und 6), sondern auch für die Semantik und Pragmatik der Sprache.

Am Beispiel des Satzes

Der Zug kommt am Bahnsteig 6 an und er hat etwa 15 Minuten Verspätung.

wurden dann mehrere Ebenen des Verstehens der Bedeutung eines Satzes bzw. seiner Äußerung unterschieden:

- lexikalische Bedeutung einzelner Wörter („Im Deutschen ist ‚Zug‘ eine Bezeichnung für ein Schienenfahrzeug, aber auch für einen Luftstrom in einem Raum oder die

Bewegung eines Steins beim Brettspiel, ‚kommen‘ wird umgangssprachlich auch für den Höhepunkt beim Geschlechtsakt verwendet ...“)

- Bedeutung im Satzzusammenhang („Wegen ‚Bahnsteig‘ wird ‚Zug‘ hier wohl die erste Bedeutung haben, deshalb und wegen ‚an‘ kommt die genannte andere Bedeutung für ‚kommen‘ nicht in Frage, ‚er‘ bezieht sich auf den Zug und nicht auf den Bahnsteig ...; von irgendeinem Schienenfahrzeug wird damit ausgesagt, daß es einen irgendwo gelegenen Bahnsteig mit der Nummer 6 ca. 15 Minuten später als erwartet erreichen wird.“)
- aktuelle Bedeutung in der konkreten Situation („Es handelt sich um die Antwort auf eine Bitte um Auskunft, die ich hier und jetzt geäußert habe, die Antwortende scheint mich verstanden zu haben und über die relevanten Informationen zu verfügen, also wird wohl der Intercity aus München hier in Altona heute, am ... , statt um 20¹⁰ Uhr ungefähr um 20²⁵ Uhr auf Gleis 6 einlaufen.“)
- spezielle Bedeutung für die Hörer oder Leser – z.B. Implikationen, Erwartungen, Erinnerungen, Emotionen („Gut, dann weiß ich, wann und wo ich meinen langvermißten Partner endlich wiedersehen kann.“, „Mist, dann hätte ich doch noch einen richtigen Parkplatz suchen können, statt den Wagen im Halteverbot abzustellen.“, „Wenn die schon ‚etwa 15 Minuten‘ sagt, dauert das bestimmt mindestens eine halbe Stunde.“, „Aha, das erwartete Rauschgift kommt am 15. des Monats am Kai von Schuppen 6 an.“)

Unter dem Hinweis, daß damit die Grenze fließend wird zwischen dem *Verstehen natürlicher Sprache* und den Problemen der *Wissensrepräsentation* und der automatischen korrekten *Schlußfolgerungen* (Inferenzen), die auch in anderen KI-Anwendungen (z. B. Expertensysteme) eine zentrale Rolle spielen, wurden anschließend einige Beispiele für Versuche, auch semantisches, Kontext- und Alltagswissen in die maschinelle Sprachverarbeitung einzubeziehen, kurz skizziert:

- Bestimmte Beziehungen (z. B. Ober- und Unterklassen, ... ist ein ..., ... ist Teil von ...) zwischen Individuen, Objekten, Begriffen, Situationen (bzw. zwischen den sie bezeichnenden Nominatoren und Prädikatoren) lassen sich durch *semantische Netze* darstellen. Wenn dann beispielsweise in einem Text ein so repräsentierter Begriff erwähnt wird, kann das Netz durchlaufen werden, um weiteres Wissen herzuleiten (vgl. unten S. 125 und den Kasten auf S. 72).
- Objekte, Tätigkeiten, Ereignisse usw. können durch *Rahmen (frames)* repräsentiert werden. Ein typischer Rahmen enthält Variablen (*slots*) für Eigenschaften, Teile, Verwendungsweisen etc. sowie die Beziehungen zwischen diesen Variablen und zu anderen Rahmen; die Variablen können leer sein, um aktuelle Informationen (ggf. mit vorgegebenen Einschränkungen) aufzunehmen, oder mit (obligatorischen) festen Werten oder mit typischen Standardwerten (*defaults*) belegt sein (siehe unten S. 126 und den Kasten auf S. 74). Auf diese Weise ist es möglich, mit bestimmten Objekten und Begriffen verbundenes Alltagswissen und stereotype Erwartungen zu repräsentieren, die beim Leser oder Hörer vorhanden sind, im Text aber nicht eigens vorkommen (ein typischer Vogel kann fliegen, ein typischer Stuhl hat vier Beine, aber es kann auch anders sein). Rahmen können in einer Netzstruktur miteinander

verbunden werden, sie können miteinander „Nachrichten“ austauschen und aufeinander einwirken (die *slots* können mit entsprechenden Prozeduren belegt werden), und die Werte der Variablen eines Rahmens können wieder Rahmen sein.

Rahmen (frames)

Vogel

Teilklasse von: Wirbeltier
Hat als Teil: Schnabel (1), Flügel (2), Feder (viele), ...
Größe: 5 cm – 200 cm default: 15 cm
Gewicht: ...
. . .
Kann: Eier legen (immer, wenn weiblich)
laufen (immer)
fliegen (typisch)
tauchen (einige)
brüten (typisch, wenn weiblich)
Nest bauen (typisch)
. . .

Aufgaben:

- Warum muß bei Kann: „Nahrung suchen“ nicht aufgeführt werden?
- Wie könnte ein Rahmen für „Katze“ und „Stuhl“ aussehen?

- Da viele Verben (z. B. „fressen“, „trinken“, „speisen“ oder „geben“, „schenken“, „leihen“, „nehmen“, „bekommen“) jeweils Handlungen oder Ereignisse bezeichnen, die sich auf einer allgemeineren Ebene z. B. darin gleichen, daß jeweils bestimmte Akteure mit bestimmten Objekten etwas machen (einverleiben von Lebensmitteln durch Lebewesen, Übertragung der Verfügungsgewalt über ein Objekt von einer Person auf eine andere), kann man viele Ereignisse und Handlungen durch einige wenige elementare *Konzepte für Aktionen* und ihre Kombination darstellen (*Conceptual-Dependency-Theorie*; s. u. S. 127 f.). Die (von einer speziellen Sprache unabhängigen und letztlich beliebigen) symbolischen Repräsentationen für die Konzepte (im Beispiel INGEST bzw. ATRANS) haben Variablen für typische *Rollen* bei solchen Aktionen (z. B. *Akteur*, *Objekt*, *Ausgangspunkt* und *Ziel*) mit entsprechenden Einschränkungen für die Werte (z. B. *belebt*). So kann zum einen die Textanalyse gesteuert werden, indem beispielsweise gezielt danach gesucht wird, wodurch die notwen-

digen Rollen ausgefüllt werden können,¹²⁴ zum anderen können Schlußfolgerungen gezogen werden, etwa daß jemand nicht mehr hungrig ist oder daß jemand etwas nun nicht mehr hat.

Skripte

Besuch im Hamburger-Restaurant

Typ: Restaurantbesuch
 Schlüsselwörter: McDonald's, Burger King, Cheesburger, ...
 Requisiten: Kasse, Tablett, Tische, Stühle, ...
 Rollen: Gäste, Verkäufer
 Sichtweise: Gast
 Anfangsbedingungen: Gast ist hungrig, Gast hat Geld
 Resultate: Gast ist nicht mehr hungrig, Gast hat weniger Geld, in der Kasse ist mehr Geld

Ablauf:	Vom Eingang zum Verkaufstresen gehen	PTRANS
	Überm Verkaufstresen die Tafel mit den Angeboten studieren	ATTEND
	Bestellung entscheiden	MBUILD
	Bestellung aufgeben	MTRANS
	Bezahlen	ATRANS
	Ware auf Tablett entgegennehmen	ATRANS
	Tisch aussuchen	MBUILD
	Zum Tisch gehen und setzen	PTRANS
	Essen und Trinken	INGEST
	Mit den Resten zum Mülleimer gehen	PTRANS
	Verpackungen sortiert wegschmeißen	ATRANS
	Lokal verlassen	PTRANS

Aufgaben:

- Wie müßte das Skript aus der Sicht der Verkäufer aussehen?
- Was müßte bei einem normalen Restaurant, was bei einem Luxusrestaurant anders sein?
- Skizzieren Sie ein Skript für eine Mathematikstunde.

¹²⁴Wolfgang WAHLSTER (1982, S. 247f.) zeigt am Beispiel des Satzes „Fritz aß einen Apfel“ die Analyseschritte durch einen „grammatikfreien“ Parser bis hin zu der formalen Repräsentation (PP – *Picture Producer* – kennzeichnet Repräsentationen von Objekten):

```
(INGEST ACTOR (PP CLASS (MENSCH) NAME (FRITZ))
  OBJECT (PP CLASS (NAHRUNG) TYPE (APFEL) REF (INDEF)))
  TIME (IMPERFECT))
```

- Stereotype Ereignisfolgen und Handlungsabläufe (Restaurant- oder Kinobesuch, Kindergeburtstag, Staatsbesuche usw.) lassen sich in einem *Skript* genannten umfassenden Rahmen zusammenfassen. In solchen „Drehbüchern“ werden üblicherweise Schlüsselwörter für den Aufruf, Eingangsbedingungen und Ergebnisse, typische Requisiten und Rollen, die spezifische Perspektive und der Ablauf der Ereignisse und Handlungen aufgeführt (dafür können auch wieder die oben genannten Datenstrukturen verwendet werden). Auf diese Weise läßt sich wieder Alltagswissen repräsentieren, das so selbstverständlich ist (z.B. daß man im Restaurant für das Essen bezahlt, bei einer Geburtstagsfeier aber nicht), daß es im Text nicht eigens erwähnt wird, das aber für das Verständnis des Textes dennoch wichtig sein kann (vgl. unten S. 128 und den Kasten auf S. 75).

So gut es nach dieser Kurzzvorstellung eben ging wurden dann die Leistungen und Grenzen dieser Ansätze an einigen Beispielen aus den vorangegangenen Elementen diskutiert:

- Zwar ist es durchaus vorstellbar, daß mit Hilfe semantischer Netze, Rahmen und Skripte beispielsweise entschieden werden kann,
 - daß mit „*drawers*“ *Schubladen* (und nicht *Unterhosen* oder *Buntstifte*) und mit „*pen*“ ein *Laufstall* (und nicht ein *Federhalter*) gemeint sind (z. B. wenn im Text erkennbar von einem *Umzug* die Rede ist, dazu ein passendes Skript existiert und auch aufgerufen wird, darin *Möbel* als zentrale Requisiten genannt werden und über ein Netz von Rahmen die fraglichen Gegenstände als Exemplare oder Teile davon identifiziert werden);
 - daß die Äußerung „*Es hat geklingelt*“ als Aufforderung verstanden wird, eine Schulstunde zu beenden (wenn ein entsprechendes Skript das Klingeln als typischen Ablaufschritt aufführt).
- Aber es müßte eine ungeheure Menge von für uns selbstverständlichem Alltagswissen in den Netzen, Rahmen und Skripten gespeichert (und auch jeweils gefunden und korrekt ausgewertet!) werden, um z. B.
 - bei der Übersetzung der Sätze „*Hubert war blau. Am nächsten Tag hatte er einen Kater.*“ die Entscheidung zwischen „*blue*“ und „*drunken*“ und zwischen „*tom cat*“ und „*hangover*“ zu treffen;
 - bei den Sätzen „*Sie nahm das Glas vom Tablett und zerbrach es*“, „*Sie kaufte ihrem Sohn einen Apfel, weil er hungrig / ... billig war*“ den Bezug der Pronomina korrekt zu bestimmen (und richtig zu übersetzen);
 - bei „*horse shoes*“ und „*alligator shoes*“ zu erkennen, daß es sich einmal um „*Schuhe*“ für diese Tiere, im zweiten Fall aber *aus* diesen Tieren handelt.

Abschließend wurden einige weitere ungelöste Probleme kurz angesprochen, bei denen ein „wörtliches“ Verstehen unangemessen ist und bei denen somit eine in den Lexika und Regeln von Programmen statisch fixierte „Bedeutung“ der flexiblen kommunikativen Funktion und der Kreativität der Sprache nicht gerecht werden kann:

- Situative Bedeutung („*Bleib in der Nähe*“ kann in Menschenmengen weniger als einen Meter und bei Nordpolexpeditionen mehrere Kilometer bedeuten)
- Metaphern wie „*frostige Begrüßung*“, „*heiße Phase*“, „*schwammiger Text*“, „*Frühling des Lebens*“, „*Photos schießen*“ ... (sie sind nicht eine seltene Ausnahme, sondern kommen in allen Texten und Äußerungen ständig vor)
- Metonyme wie „*Der Blinddarm in Zimmer 13 hat leichtes Fieber*“
- Ironie wie „*Das hast du ja wieder gut hingekriegt*“
- Poetik wie „*Schwarze Milch der Frühe ...*“

Kommentar

Das zentrale Problem beim maschinellen Sprachverstehen ist die angemessene Repräsentation (d. h. formalisierte Darstellung) der Semantik und Pragmatik natürlicher Sprachen. Das ist sehr viel schwieriger als bei der Syntax, da sich hier natürliche und formalisierte Sprachen grundlegend unterscheiden. Um dies zu verdeutlichen, wurde am Beginn dieses Unterrichtselementes an die beiden bisherigen Teilstränge des Unterrichtmoduls erinnert: die Entwicklung interpretierter automatischer formaler Systeme einerseits (Abschnitte 3–6), die Leistungen und Funktionen der menschlichen Sprache andererseits (Abschnitte 8 und 9).

Wie im Abschnitt 7 gezeigt, können sprachverarbeitende Systeme schon mit um wenige semantische Merkmale angereicherten Lexika und Syntaxregeln recht erstaunliche Leistungen vollbringen, sie haben aber auch deutliche Grenzen. Mit den dann am Beispielsatz (etwas grobschlächtig) unterschiedenen Ebenen des Verstehens der Bedeutung einer Äußerung sollte an die in den vorangegangenen Unterrichtsabschnitten explizit und implizit erreichten Ergebnisse angeknüpft werden, daß neben dem lexikalischen und grammatischen Wissen auch semantisches und pragmatisches, situatives und Alltagswissen sowie entsprechende Inferenzen formalisiert werden müssen. Die dafür in der „heroischen“ Zeit der KI entwickelten Datenstrukturen und Formalismen (vgl. dazu ausführlich unten im Anhang den Abschnitt A.2, deswegen fasse ich mich hier kurz) haben sich teils für bestimmte Aufgaben durchaus bewährt (semantische Netze, Rahmen) und fanden daher auch außerhalb der KI Eingang in die konventionelle Informatik (z. B. als objektorientierte Programmierung), teils erscheinen sie aus heutiger Sicht als unzureichend und *ad hoc* (CD-Theorie, Skripte). Ich habe auch diese Ansätze im Unterricht kurz behandelt, da der mit ihnen verbundene Optimismus die öffentliche Diskussion über die zu erwartenden Fähigkeiten natürlichsprachlicher Systeme entscheidend geprägt hat. In jedem Falle sollte ausführlich darüber gesprochen werden, was diese Ansätze besser leisten als reine Lexikon-Grammatik-Ansätze und wo ihre Grenzen liegen (vgl. den Abschnitt A.3 im Anhang). Die werden besonders deutlich, wenn es auf Kontext- und Alltagswissen ankommt und wenn, wie bei Metaphern, Ironie und Literatur, der Bereich von reinen Sachtexten verlassen wird (vgl. Abschnitt A.5), aber auch im Kernbereich der Semantik gibt es eine ganze Reihe ungelöster Probleme (vgl. die Liste unten auf S. 150).

Die unten im Abschnitt A.4 genannten neueren Ansätze – MONTAGUE-Grammatik, Diskursrepräsentationstheorie, Situationssemantik – habe ich nicht in den Unterricht eingebracht, da sie erstens in der technischen Praxis bisher kaum erprobt wurden und zweitens

genauere Kenntnisse der Prädikatenlogik erfordern, die im Rahmen dieses Unterrichtsmoduls in der Vorstufe nicht vermittelt werden konnten. Das mag anders sein, wenn eine entsprechende Unterrichtseinheit in einem höheren Semester der Studienstufe stattfindet und mehr Erfahrungen mit formalen Sprachen vorliegen, aber auch dann sehe ich die Schwierigkeit, über die bloße Zurkenntnisnahme der Formalismen hinaus zu begründeten Urteilen über ihre Leistungen und Grenzen zu kommen.

Auch auf eine genauere Behandlung des Begriffs der Bedeutung (vgl. unten den Abschnitt A.1) wurde bewußt verzichtet. Die in diesem Zusammenhang auftretenden Probleme scheinen mir angesichts des aktuellen Forschungsstandes in den beteiligten Disziplinen unterhalb der Ebene interdisziplinärer Oberseminare kaum darstell- und verhandelbar. Bei einer entsprechenden Zusammenarbeit mit sprachlichen Fächern könnten möglicherweise Ansätze aus der Linguistik (Abschnitt A.1.2) genauer behandelt werden.

Weiter bleiben in diesem Abschnitt die pragmatischen und insbesondere die *kommunikativen* Aspekte der Sprache weitgehend ausgespart, ohne die sich ein angemessener Begriff des Verstehens von Sprache kaum entfalten läßt. Dazu mehr im folgenden Abschnitt.

11 Kommunikation

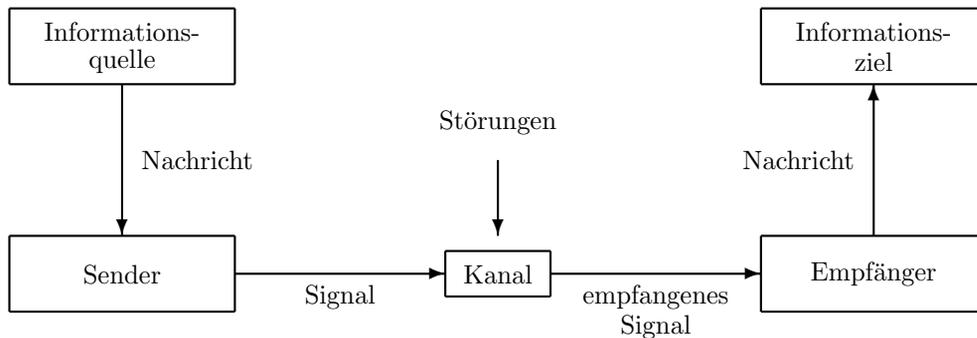
Unterrichtsskizze

Zum Beginn dieses Unterrichtselementes wurde das Kommunikationsmodell von SHANNON vorgestellt und kurz der Entstehungszusammenhang erläutert. Anschließend wurde gefragt, ob es sich hierbei auch um ein adäquates Modell für die unmittelbare verbale Kommunikation zwischen zwei Menschen handelt (vgl. den Kasten auf S. 79). In der Diskussion wurde von den Kursteilnehmern eine Reihe von Parallelen genannt: Übertragen wird eine Information, ein Gedanke, der sprachlich ver- und entschlüsselt wird, Quelle und Ziel sind die Gehirne, die Sprachorgane sind der Sender, die Hörorgane der Empfänger. Daraufhin wurde beschlossen, diese „Übertragungsmetapher“ an konkreten Kommunikationsbeispielen genauer zu untersuchen. Als erstes wurde mit der Aufforderung, Vermutungen über Gesprächsinhalt und -situation zu entwickeln, ohne weitere Informationen folgender Dialog an die Tafel geschrieben:

„Ist es schon halb elf?“
„Nee, den habe ich aus dem Automaten“

Nach vielen phantasievollen Vorschlägen dazu, was jeweils gemeint sein könnte, wurde die Situation, in der der Dialog stattfand, erläutert: Bei einem Jahresseminar der Lehrerfortbildung wurde immer um 10³⁰ Uhr eine Pause gemacht, weil um diese Zeit die Kantine öffnet; ein Teilnehmer, der das nicht abwarten wollte, betrat mit einem Becher Kaffee den Seminarraum usw. Es wurde herausgestellt, daß es sich bei dem Dialog um ein Beispiel *gelungener* Kommunikation handelt, weil die Teilnehmer über ein hinreichend gemeinsames Situationsverständnis und Hintergrundwissen verfügen. Danach wurde gefragt, ob sich dieses Situations- und Hintergrundwissen, das, was jeweils nötig ist, um bei dem Gesagten auch das Gemeinte zu verstehen, genau angeben läßt: „Zeit kann man mit Uhren

Kommunikationsmodell nach Shannon



Aufgabe:

Das Modell ist im Zusammenhang mit technischen Fragen der Signalübertragung bei der Telekommunikation (z. B. Fernschreiber, Radio, Telefon) entwickelt worden. Läßt es sich auch sinnvoll auf die unmittelbare verbale Kommunikation zwischen Menschen anwenden?

messen; manche Menschen tragen eine Armbanduhr, manche nicht; ... bei der Zusammenarbeit von Menschen braucht man Regeln; Regeln kann man mehr oder weniger flexibel anwenden; ... Arbeit ermüdet; Kaffee ist ein gutes Mittel gegen Müdigkeit; ... Kaffee ist ein Getränk; Getränke kann man in Bechern transportieren; ... wenn man einen Becher in der Hand hat, können das andere sehen; ... Kaffee ist nicht frei verfügbar, er muß hergestellt werden; ... er ist eine Ware und muß bezahlt werden; Waren kann man aus Automaten oder bei Menschen erwerben; für den Erwerb bei Menschen gibt es bestimmte Zeiten ...“ Nach einigen Versuchen (und penetranten Nachfragen des Lehrers) gaben die Kursteilnehmer entnervt auf: „Unmöglich!“¹²⁵

Zur weiteren Illustration wurden die Anekdoten

Nach einer Bordfeier schreibt der Kapitän ins Logbuch: „Der Erste Offizier war heute betrunken.“ Der schreibt am nächsten Tag ins Logbuch: „Der Kapitän war heute nüchtern.“

Eine Professorin wird um ein Gutachten über den Studenten X gebeten. Sie schreibt: „Herr X hat ein einnehmendes Wesen und eine sehr schöne Handschrift.“

erzählt und das gut bekannte Phänomen besprochen, daß man mit einer Äußerung etwas zu verstehen geben kann, ohne es auch tatsächlich zu *sagen* („konversationale Implikaturen“). Hier wurde wieder gefragt, ob, und, wenn ja, welche, Informationen von der Quelle zum Ziel transportiert werden. In der Diskussion wurde herausgestellt, daß die Adressaten auch deshalb das Gemeinte verstehen, weil sie neben dem Situationsverständnis und

¹²⁵Zu den Schwierigkeiten und den Gründen dafür vgl. auch Harold GARFINKEL (1972, S. 315 ff.), der mit einer Gruppe von Studenten den Versuch gemacht hat, neben dem, was in Alltagskonversationen jeweils gesagt wird, auch das, was von den Teilnehmern verstanden wird, explizit zu verbalisieren.

Hintergrundwissen auch Erwartungen an das Kommunikationsverhalten anderer Menschen haben (z. B. daß andere nicht irgend etwas daherreden, sondern sich auf das Gesprächsthema beziehen und Fragen beantworten und daß sie dabei wiederum die Erwartungen und das vermutliche Vorwissen der Kommunikationspartner einbeziehen), deren tatsächliche oder vermeintliche Verletzung ihnen Rückschlüsse über die Intentionen des Sprechers erlauben. Als Zwischenergebnis wurde dann festgehalten, daß bei Kommunikationsprozessen Gedanken und Informationen nicht (nur) vom Sprecher zum Hörer übertragen, sondern (auch) vom Hörer selbst erschlossen und erzeugt werden.

Danach wurde ein Textausschnitt aus der *Theorie des kommunikativen Handelns* von Jürgen HABERMAS (1981, 1, S. 412–414) gelesen unter der Fragestellung:

- Welche Funktionen sprachlicher Verständigung nennt HABERMAS?
- Welche Weltbezüge und Geltungsansprüche für Äußerungen ergeben sich daraus?
- Wie könnten am Beispiel der Äußerung „Bitte, können Sie mal eben Kreide holen“ die jeweiligen Geltungsansprüche zurückgewiesen und bestritten werden? Wie könnte danach dennoch eine Verständigung erzielt werden?

In der anschließenden Besprechung wurden mögliche Antworten auf die genannte Bitte gesammelt und den Weltbezügen und Geltungsansprüchen zugeordnet: (a) „Ich bin doch nicht Ihr Laufbursche“, (b) „Sekretariat und Hausmeisterloge sind wegen eines Ausflugs unbesetzt, ich kann keine Kreide holen“, (c) „Sie wollen doch gar keine Kreide, Sie wollen mich nur loswerden“. Daran wurde anschließend der Kommunikationsbegriff von HABERMAS verdeutlicht, nach dem Sprechakte nur dann Medium eines auf „Verständigung“ zwischen „(mindestens) zwei sprach- und handlungsfähigen Subjekten“ zielenden kommunikativen Handelns sind, wenn die mit ihnen in Bezug auf Legitimität, Wahrheit und Wahrhaftigkeit erhobenen Geltungsansprüche akzeptabel sind bzw. wenn die Teilnehmer bei Einwänden dagegen bereit und in der Lage sind, die Ansprüche argumentativ zu begründen.

Als Zwischenbilanz der Unterrichtseinheit wurden zunächst die in den vergangenen Unterrichtselementen angesprochenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen in Erinnerung gerufen, die zum Sprachverstehen im engeren oder weiteren Sinne gehören:¹²⁶

- Die lexikalisch-grammatikalische Kompetenz, um z. B. die unterschiedlichen Lesarten eines Satzes wie „*He saw that gasoline can explode*“ auf Grund der Wortbedeutungen und der syntaktischen Anordnung identifizieren zu können
- Die Fähigkeit, die im aktuellen sprachlichen und situativen Kontext richtige Lesart auszuwählen

¹²⁶Zumindest über die ersten Punkte herrscht – bei begrifflichen Unterschieden – weitgehend Einigkeit, vgl. z. B. Günther GÖRZ (1988), S. 119, Wolfgang KÜNNE (1983), S. 196 ff., Manfred PINKAL (1993), S. 426 ff., Monika SCHWARZ & Jeannette CHUR (1993), S. 29 ff. Mit der angegebenen Reihenfolge soll keineswegs eine aufeinander schrittweise aufbauende Hierarchie angedeutet werden: Sprachverstehen erfolgt sicherlich nicht nur *bottom up*, sondern auch *top down*, d. h. „höhere“ Prozesse steuern auch das Verstehen auf einer „unteren“ Ebene.

- Die Fähigkeit, den Bezug indexikalischer Ausdrücke (Pronomen, „hier“, „nächste Woche“) zu erkennen
- Die Fähigkeit, die illokutionäre Rolle eines Sprechaktes (z. B. Bitte, Drohung, Versprechen) zu erkennen
- Kenntnis von Textgattungen und Stilformen, von „Spielregeln“ der Kommunikation (Kooperation, Relevanz, Einbeziehung des vermutlichen Vorwissens der Partner usw.) und die darauf beruhende Fähigkeit, bei Metaphern, Ironie, Poetik, konversationalen Implikaturen im Gesagten und Geschriebenen das Gemeinte zu erkennen
- Kenntnis der Bedingungen, die eine Äußerung im Hinblick auf ihre Wahrheit, Wahrscheinlichkeit und normative Richtigkeit kommunikativ akzeptabel machen

Nach einem kurzen Resümee zum gegenwärtigen Stand der Technik wurde dann gefragt, welche Auswirkungen künftige Fortschritte beim maschinellen Sprachverstehen (oder auch nur deren Erwartung) haben könnten und wie wünschenswert sie sind. Beispiele:

- *Deskilling*-Effekte: Wer wäre beispielsweise noch dazu motiviert, Fremdsprachen zu lernen, wenn es tragbare Übersetzungscomputer für gesprochene Sprache, Echtzeitübersetzungen bei Telefongesprächen und gute Übersetzungsprogramme für Texte gibt?
- Anpassung der natürlichen Sprache an die technischen Möglichkeiten: Die Grammatikprüfung von Textverarbeitungsprogrammen führt bei grammatikalisch völlig einwandfreien Sätzen zu Fehlermeldungen und zu Ratschlägen für eine restringiertere Sprache.¹²⁷ Die Handbücher von Übersetzungsprogrammen empfehlen, kurze und einfache Sätze zu bilden, Synonyme und mehrdeutige Wörter, Häufungen von Präpositionen, Substantivierungen, elliptische Konstruktionen und die Einbettung von Nebensätzen in der Satzmitte zu vermeiden, Attribute sparsam einzusetzen, Substantive zu wiederholen statt Pronomen zu verwenden usw. (und etliche Herausgeber von technischen Handbüchern, von Fachzeitschriften und -büchern, die solche Programme verwenden, verlangen von den Autoren entsprechende Texte¹²⁸). Auch mittel- und langfristig wird es sicherlich einfacher sein, die Sprache den technischen Möglichkeiten anzupassen, als Systeme zu entwickeln, die allen Nuancen, Frei- und Feinheiten der natürlichen Sprachen gerecht werden.

¹²⁷Beispielsweise wird der Satz „*Schon der ‚Historikerstreit‘ des Jahres 1986, der seinen Namen wenigstens verdient hatte, lehrte uns freilich erkennen, daß ein noch so stimmiges geschichtliches Leitbild den Kampf um die eigene Geschichte nicht zum Stillstand bringen kann, sondern ihn gerade wegen seiner zwingenden Verbindlichkeit immer wieder neu provoziert.*“ (Robert LEICHT in *Die Zeit* 19/95) von der Grammatikprüfung von WordPerfect so kommentiert: „Fehlerklasse: Satzlänge. Ratschlag: Lange Sätze sind oft schwer verständlich. Versuchen Sie, mehrere kürzere Sätze zu formulieren. [sic!] Fehlerklasse: Satzbau. Dieser Satz enthält viele Konjunktionen. Ratschlag: Formulieren Sie neu, indem Sie den Satz in zwei oder mehrere Sätze aufteilen. Fehlerklasse: Nominalstil: Ratschlag: Einfacher als ‚zum Stillstand bringen‘ ist vielleicht ‚stillstehen lassen‘, ‚aufhören lassen‘ oder ‚beenden‘.“ (Frank MÖCKE & Johannes LECKEBUSCH (1995), S. 161.)

¹²⁸Das geht bis zu dem Einsatz einer *controlled language*, vgl. D. ARNOLD, L. BALKAN, R. LEE HUMPHREYS, S. MEIJER & L. SADLER (1994), S. 27 ff., 156 ff., und W. J. HUTCHINS & H. L. SOMERS (1992), S. 151 f., 323 f.

- Explosionsartige Ausdehnung der Überwachung der Telekommunikation durch Polizei und Geheimdienste: In der Bundesrepublik Deutschland gibt es pro Jahr ca. 4000 von Richtern angeordnete Telefonüberwachungen durch die Polizei (das ist gemessen an der Einwohnerzahl weit mehr als in den USA). Über die Aktivitäten der Geheimdienste ist naturgemäß wenig bekannt. Nach Presseberichten werden hier Telefongespräche, Faxe und Computerkommunikationen mittels Wortdatenbanken überwacht, die beim Auftauchen bestimmter Schlüsselwörter für eine automatische Aufzeichnung sorgen, die anschließend von Mitarbeitern der Dienste ausgewertet werden (das führt selbstverständlich zur Versendung riesiger Dateien im Internet, die völlig sinnlos, aber mit den vermutlichen Schlüsselwörtern gespickt sind), in vielen Fällen sind dafür Dolmetscher nötig. Der heutige Stand der Technik und vor allem die personellen Ressourcen setzen dabei – neben den rechtsstaatlichen Einschränkungen – deutliche Grenzen, wenn man bedenkt, daß pro Tag allein ca. 3 000 000 Auslands telefonate stattfinden (der Bundesnachrichtendienst hört nach offizieller Auskunft täglich rund 600 Vorgänge ab, davon werden täglich ca. 45 mit Hilfe von Suchbegriffen zur genaueren Auswertung ausgewählt). Computersysteme, die auch den *Inhalt* von Gesprächen und das auch noch in Fremdsprachen analysieren könnten, würden sicher neue Begehrlichkeiten und ganz andere Dimensionen der Überwachung zur Folge haben.¹²⁹

Abschließend wurde besprochen, ob und in welchem Sinne es sich bei „Benutzerdialogen“ um eine Kommunikation *mit* Computern handelt, ob also bei „interaktiven“ Spielen, bei Datenrecherchen, bei Auskunftssystemen¹³⁰ usw. Computer nicht nur Medium, sondern auch *Partner* sind. Nach intensiver Diskussion wurden – neben den schon in den vorigen Abschnitten behandelten Schwierigkeiten bei der Verarbeitung natürlicher Sprache – als Gegenargumente genannt:

- Computer werden programmiert, d. h. sie können letztlich nur das wiedergeben, was ihnen vorher an Algorithmen und Daten eingegeben wurde. Mit anderen Worten: sie sind nicht Quelle, sondern Sender oder Kanal der Kommunikation.
- Computer verfügen nicht über das Situationsverständnis und Hintergrundwissen und die Schlußfolgerungsfähigkeiten, um zusätzlich zum oder statt des Gesagten zu erkennen, was gemeint ist.
- Computer sind keine handlungsfähigen Subjekte, keine Mitglieder einer sozialen Gemeinschaft, keine *Personen*; sie haben keinen Zugang zur sozialen und zur subjektiven Welt, sie können Geltungsansprüche weder verantwortlich erheben noch bezweifeln, sie sind nicht *zurechnungsfähig*.

Kommentar

Sprache dient im doppelten Sinne wesentlich der Verständigung, mit ihrer Hilfe macht man sich anderen verständlich und mit ihr trifft man Vereinbarungen. Das Sprechen ist

¹²⁹Vgl. auch Joseph WEIZENBAUM (1977), S. 352 ff.

¹³⁰Gutes Anschauungsmaterial bietet z. B. das automatische Fahrplanauskunftssystem vom Philipps-Forschungslabor in Aachen: Der Anrufer wird (ggf. schrittweise) gefragt, wann er von wo nach wo fahren möchte; anschließend wird eine passende Zugverbindung (auch mit Umsteigen) genannt und auf Wunsch wiederholt. Telefonnummer: 0241-60 40 20.

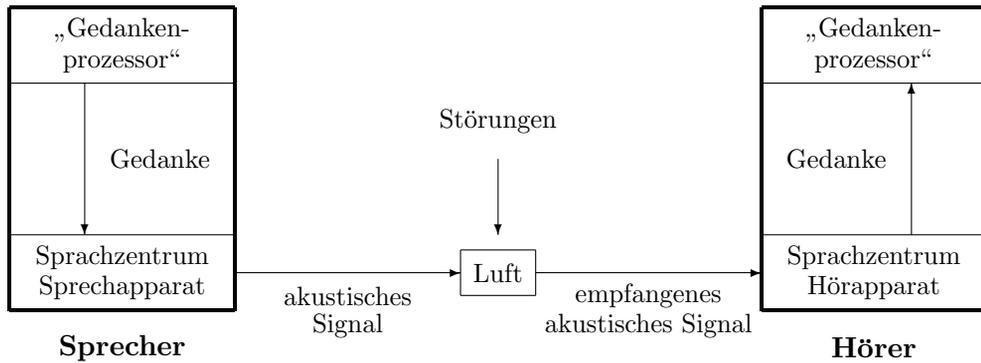
damit auch immer ein Handeln (vgl. oben Abschnitt 9), eine Interaktion zwischen Menschen mit wechselseitigen Absichten und Erwartungen, eine Koordination von Handeln und Verhalten durch das Aktualisieren von Zeichen, kurz: *Kommunikation*. Neben der paradigmatischen Kommunikationssituation, daß zwei oder mehr Menschen unmittelbar miteinander sprechen, ist in den letzten Jahrzehnten die Raum und Zeit überbrückende, die technisch vermittelte *Telekommunikation* immer wichtiger geworden. Wenn man – etwa beim Telefonieren, bei Radio und Fernsehen – Worte und Bilder über gewisse Entfernungen hinweg übertragen möchte, stellen sich eine Reihe technischer Fragen und Probleme: Welche Kanäle und Medien sind geeignet, welche Transformationen erfordern sie, wie groß sind ihre Kapazität und Übertragungsgeschwindigkeit, wie störanfällig sind sie? Weiter muß, damit solche Fragen beantwortet werden können, ein *quantitatives* Maß für die übertragenen „Nachrichten“ bzw. „Informationen“ entwickelt werden.

Mit solchen Fragen beschäftigte sich Ende der vierziger Jahre Claude E. SHANNON.¹³¹ Er entwickelte ein Maß für übertragene „Informationen“ (als Folgen von aus einem Zeichenvorrat gewählten Zeichen unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeiten für die Verwendung der einzelnen Zeichen) und sein bekanntes Kommunikationsmodell (vgl. den Kasten auf S. 79): Ein Mensch (*information source*) produziert eine Nachricht (*message*), die wird von einem Sender (z. B. Fernschreiber) in ein Signal umgewandelt (kodiert), das durch einen Kanal (z. B. eine elektrische Leitung) unter möglichen Störungen an einen Empfänger (*receiver*, z. B. ein anderer Fernschreiber) geleitet wird, von dem es wieder in eine Nachricht für einen anderen Menschen als Ziel (*destination*) umgewandelt (dekodiert) wird. Obwohl die Arbeit von SHANNON vor allem dem – technischen – Problem gewidmet war, an einer bestimmten Stelle möglichst exakt eine an anderer Stelle gewählte Nachricht zu reproduzieren, und obwohl er ausdrücklich betonte, daß dabei semantische Aspekte irrelevant sind, wurde sein Ansatz im näheren und weiteren Umfeld von Kybernetik, Informatik und (kognitiver) Psychologie als allgemeine Kommunikationstheorie (oder gar Informationstheorie) mißverstanden bzw. dazu ausgebaut.¹³² Damit wird das für die technischen Probleme der Signalübertragung entwickelte Modell auch auf die unmittelbare verbale Kommunikation zwischen Menschen rückübertragen. Der entscheidende Schritt besteht darin, daß jeweils Quelle *und* Sender, Empfänger *und* Ziel zusammen *in* den Menschen verlegt werden. Das Gehirn des einen Menschen produziert einen Gedanken (in Form einer internen Repräsentation), der wird als Folge von Lauten sprachlich kodiert, durch die Luft geschickt, von einem anderen Menschen dekodiert¹³³ und mehr oder weniger originalgetreu seinem „Gedankenprozessor“ zugeführt:

¹³¹SHANNON, C. E. & W. WEAVER, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana 1949.

¹³²Dafür, daß schon Warren WEAVER in diese Richtung ging, vgl. Nils LENKE (1991), S. 19 f.

¹³³Zur Kritik an der These, daß der Geist eine Art Kryptograph und Verstehen von Sprache ein Entschlüsseln in einer *Lingua mentis* sei, vgl. Hilary PUTNAM (1991), insbesondere Kapitel 2.



Nach diesem Modell ist Kommunikation die Übertragung von in Sprache verpackten Gedanken (Informationen, Nachrichten), sie ist erfolgreich, wenn das vom Sprecher Kodierte vom Hörer dekodiert wird, und dafür müssen beide vor allem denselben Code beherrschen, also die gleiche Sprachkompetenz haben. Wie oben im Abschnitt 10 und im Kapitel A im Anhang mehrfach aufgezeigt läßt sich allerdings sprachliches und Weltwissen nicht sauber trennen. Auch abgesehen von Problemen wie Indexikalität und Mehrdeutigkeit wird damit die Annahme problematisch, daß die für den Transport gewählten Sätze im Kern eine bestimmte „wörtliche“ Bedeutung haben, die vom Sprecher zum Hörer transportiert wird. Vielmehr gilt, „daß der Sprecher, als Bestandteil seiner sprachlichen Kompetenz, die wörtliche Bedeutung vieler Sätze nur vor einem Hintergrund von anderen Annahmen anwenden kann“, die sich kaum explizit angeben lassen: „Erstens gibt es unbestimmt viele von ihnen; und zweitens beruht die wörtliche Angabe jeder dieser Annahmen, um verständlich zu sein, auf weiteren Annahmen.“¹³⁴ Nach dem Übertragungsmodell der Kommunikation müssen Sprecher und Hörer also mehr teilen als nur die gemeinsame Beherrschung einer Sprache: Kultur, gesellschaftliche Konventionen, Logik, Alltags- und Weltwissen, das Situationsverständnis. Eine genauere Untersuchung dieser sehr starken Voraussetzungen legt dann nahe, daß diese Sicht der Kommunikation grundsätzlich falsch oder zumindest unzureichend ist:

- in vielen Fällen – z. B. bei der Auflösung von Ambiguitäten, bei indirekten Sprechakten, Ironie und Metapher, beim „Lesen zwischen den Zeilen“ – werden Informationen und Bedeutungen nicht auf einen passiven Hörer übertragen, sondern auf Grund von Erfahrungen und durch Schlußfolgerungen vom Hörer selbst aktiv *erzeugt*;
- Kommunikation ist keine eindirektionale Übertragung (mit anschließendem Rollentausch), sondern eine ständige Interaktion sprach- und handlungsfähiger Subjekte zum Zwecke der Verständigung und Handlungskoordination gemäß gesellschaftlichen Normen und Konventionen mit entsprechenden Geltungsansprüchen;
- der Vorgang und der Erfolg der Kommunikation kann niemals gleichsam objektiv durch einen Vergleich der vor dem Kodieren und nach dem Dekodieren vorliegenden Informationen beschrieben und überprüft werden, beides ist vielmehr von der speziellen Perspektive der Teilnehmer und Beobachter abhängig.

¹³⁴John R. SEARLE (1982), S. 157 und 150f. Er belegt das an einem der Lieblingssätze der Sprachphilosophie: „Die Katze ist auf der Matte“ hat den üblichen Sinn z. B. nur unter der Annahme, daß ein Gravitationsfeld zwischen oben und unten zu unterscheiden erlaubt.

Von H. Paul GRICE stammt die Konzeption einer „intentionalen Semantik“ auf der Grundlage einer allgemeinen Theorie des absichtsvollen und mit Erwartungen verbundenen Handelns. Er unterscheidet zwischen der situations- und zeitunabhängigen Bedeutung von Sätzen und der „Situations-Bedeutung“ von Äußerungen als dem, was ein Sprecher (S) damit *meint*. Dabei wird „S meinte etwas mit dem Äußern von x“ bestimmt durch „Es gibt einen Adressaten H derart, daß S mit seiner Äußerung beabsichtigte, bei H eine Wirkung (Reaktion) r vermittels Hs Erkenntnis dieser Absicht herbeizuführen“, wobei die intendierte Wirkung „bei Äußerungen vom Imperativtyp“ darin besteht, „daß der Hörer *beabsichtigt*, etwas zu tun“, und die von „Äußerungen vom Indikativtyp“ darin, „daß der Hörer *glaubt, daß der Sprecher etwas glaubt*.“¹³⁵

Mit der möglichen Differenz zwischen dem wörtlich Gesagten und dem Gemeinten kommt ein wichtiger Aspekt kommunikativer Prozesse in den Blick, nämlich *konversationale Implikaturen*. Wenn jemand sagt, daß Peter gestern „mit einer Frau“ im Restaurant gesehen wurde, möchte er oder sie uns wohl zu verstehen geben, daß es nicht Peters Ehefrau war, obwohl das durch die Formulierung streng genommen nicht ausgeschlossen wird; wenn eine Hauptseminarleiterin nach einer Hospitation zu einem Referendar „Sie kochen aber einen guten Kaffee“ sagt, muß man wohl schließen, daß sie den gesehenen Unterricht weniger schätzt. Wie kommt es, daß man erfolgreich etwas meinen kann, ohne es explizit zu sagen, woran liegt es, daß wir meist recht gut „zwischen den Zeilen“ lesen und hören können? Nach GRICE sind unsere Gespräche „kennzeichnenderweise, wenigstens bis zu einem gewissen Maß, kooperative Bemühungen;“ man kann „demnach ganz grob ein allgemeines Prinzip formulieren, dessen Beachtung (*ceteris paribus*) von allen Teilnehmern erwartet wird, und zwar: *Mache deinen Gesprächsbeitrag jeweils so, wie es von dem akzeptierten Zweck oder der akzeptierten Richtung des Gesprächs, an dem du teilnimmst, gerade verlangt wird.*“ Unterhalb und zusätzlich zu diesem *Kooperationsprinzip* nennt er eine Reihe speziellerer damit im Einklang stehender Maximen, u. a.:

- *Mache deinen Beitrag so informativ wie (für die gegebenen Gesprächszwecke) nötig.*
- *Mache deinen Beitrag nicht informativer als nötig.*
- *Versuche deinen Beitrag so zu machen, daß er wahr ist.*
- *Sage nichts, wofür dir angemessene Gründe fehlen.*
- *Sei relevant.*
- *Vermeide Mehrdeutigkeit.*
- *Der Reihe nach!*¹³⁶

¹³⁵H. Paul GRICE (1993a), S. 86 und 92. Im Anhang dieses Bandes skizziert Georg MEGGLE die Grundbegriffe einer „intentionalen“ oder „handlungstheoretischen“ Semantik („Kommunikation, Bedeutung und Implikatur“). Dan SPERBER & Deirdre WILSON (1986, S. 24) stellen bei ihrer Diskussion von Kommunikationsmodellen den Ansatz von GRICE als „inferential model, communication is achieved by the communicator providing evidence of her intentions and the audience inferring her intentions from the evidence“, dem oben vorgestellten „code model, communication is achieved by encoding and decoding messages“, gegenüber.

¹³⁶GRICE (1993b), S. 248 ff. Vgl. auch GREWENDORF, HAMM & STERNEFELD (1987), S. 401 ff. In ihrem vielbeachteten, dem kognitiven Paradigma verpflichteten („Human beings are efficient information-processing devices“, S. 46) Buch vertreten SPERBER & WILSON (1986) die These, daß *ein* Prinzip genügt: Relevanz.

Konversationale Implikaturen, so GRICE, kommen nun dadurch zustande, daß Sprecher – unter Beachtung des Kooperationsprinzips, also ohne irreführen oder aus dem Gespräch „aussteigen“ zu wollen – bewußt bzw. scheinbar gegen einzelne Maximen verstoßen und Hörer das erkennen bzw. erschließen können.¹³⁷

Jürgen HABERMAS hat (als Fundament für eine Theorie der Rationalität, die er einer bloßen Zweckrationalität gegenüberstellt) eine *Universalpragmatik*, eine Theorie der *kommunikativen Kompetenz* entwickelt, deren Grundeinheiten nicht wie bei der linguistischen Kompetenz CHOMSKYS Sätze, sondern elementare Äußerungen sind und deren Aufgabe darin besteht, „das System von Regeln zu rekonstruieren, nach dem kommunikativ kompetente Sprecher aus Sätzen Äußerungen bilden und in andere Äußerungen umformen“, und zwar „unter dem Gesichtspunkt einer Rekonstruktion der Regeln, nach denen Sprecher Situationen möglicher Verständigung überhaupt herstellen können“. Wesentlich ist dabei „die *Doppelstruktur umgangssprachlicher Kommunikation*“, unsere Fähigkeit, mit anderen *über* etwas zu kommunizieren: „Eine Verständigung kommt nicht zustande, wenn nicht mindestens zwei Subjekte gleichzeitig *beide* Ebenen betreten: a) die Ebene der Intersubjektivität, auf der die Sprecher/Hörer *miteinander* sprechen, und b) die Ebene der Gegenstände, *über* die sie sich verständigen“.¹³⁸

Im Anschluß an die Funktionen sprachlicher Zeichen nach BÜHLER – Darstellung, Ausdruck, Appell¹³⁹ – und an die Sprechakttheorie AUSTINS und SEARLES (vgl. oben Abschnitt 9) betont HABERMAS, daß damit neben der Verständlichkeit (z. B. Grammatikalität) und der von der analytischen Philosophie einseitig betonten Wahrheit von Äußerungen weitere Geltungsansprüche und deren Anerkennung zu den Grundbedingungen einer um Verständigung bemühten Kommunikation gehören (vgl. auch den im Unterricht verwendeten Text aus HABERMAS (1981, 1), S. 412–414):

Die Analyse dessen, was Austin die illokutive Kraft einer Äußerung genannt hat, führt uns zurück zur Geltungsbasis der Rede. Ihre illokutive Kraft verdanken institutionell ungebundene Sprechakte einer Bündelung der Geltungsansprüche, die von Sprecher und Hörer reziprok erhoben und als berechtigt anerkannt werden müssen, wenn grammatische (also verständliche) Sätze mit dem Erfolg einer gelingenden Kommunikation verwendet werden sollen. Ein Kommunikationsteilnehmer handelt nur unter der Bedingung verständigungsorientiert, daß er unter Verwendung verständlicher Sätze mit seinen Sprechakten drei Geltungsansprüche auf eine akzeptable Weise erhebt: er beansprucht Wahrheit für einen ausgesagten bzw. für die Existenzpräsuppositionen eines erwähnten propositionalen Gehalts; sodann Richtigkeit (bzw. Angemessenheit) für Normen (bzw. Werte), die eine performativ herzustellende interpersonale Beziehung

¹³⁷ „Angenommen, jemand hat dadurch, daß er (indem er, wenn er) p sagt (oder so tut, als sagte er es), impliziert, daß q. Unter folgenden *Voraussetzungen* kann man dann von ihm sagen, er habe konversational impliziert, daß q: (1) von ihm ist anzunehmen, daß er die Konversationsmaximen oder zumindest das Kooperationsprinzip beachtet; (2) die Annahme, daß er sich bewußt ist oder glaubt, daß q, ist nötig, um den Umstand, daß er sagt oder so tut, als sagte er, daß p (bzw. daß er es *auf genau diese Weise* – anscheinend – tut), mit der in (1) erwähnten Annahme in Übereinstimmung zu bringen; (3) der Sprecher glaubt (und würde vom Hörer erwarten, daß er glaubt, daß er – der Sprecher – glaubt), daß der Hörer in der Lage ist dahinterzukommen oder intuitiv zu erfassen, daß die in (2) erwähnte Annahme wirklich nötig ist“ (GRICE (1993b), S. 254).

¹³⁸ Jürgen HABERMAS (1971), S. 107, 104 (Fn 4) und 105.

¹³⁹ Das (komplexe) Sprachzeichen „ist *Symbol* kraft seiner Zuordnung zu Gegenständen und Sachverhalten, *Symptom* (Anzeichen, Indicium) kraft seiner Abhängigkeit vom Sender, dessen Innerlichkeit es ausdrückt, und *Signal* kraft seines Appells an den Hörer, dessen äußeres oder inneres Verhalten es steuert“ (Kurt BÜHLER, *Sprachtheorie*, Jena 1934, S. 28).

im gegebenen Kontext rechtfertigen; schließlich Wahrhaftigkeit für die geäußerten Intentionen.¹⁴⁰

Im Normalfall der Interaktion werden diese Geltungsansprüche „naiv“ erhoben und akzeptiert, sie können aber auch jeweils bestritten und dann in *Diskursen* ausdrücklich thematisiert werden. In beiden Fällen nehmen die Kommunikationsteilnehmer implizit oder explizit mit ihren Äußerungen pragmatische Beziehungen zu drei Welten auf: „Eine solche Beziehung besteht jeweils zwischen der Äußerung und

- der objektiven Welt (als der Gesamtheit aller Entitäten, über die wahre Aussagen möglich sind);
- der sozialen Welt (als der Gesamtheit aller legitim geregelten interpersonalen Beziehungen); und
- der subjektiven Welt (als der Gesamtheit der privilegiert zugänglichen Erlebnisse des Sprechers).“¹⁴¹

Den Hintergrund einer kommunikativen Äußerung bilden dabei „Situationsdefinitionen, die sich, gemessen am aktuellen Verständigungsbedarf, hinreichend überlappen müssen.“ Eine „*Situation* ist ein durch Themen herausgehobener, durch Handlungsziele und -pläne artikulierter Ausschnitt aus *lebensweltlichen Verweisungszusammenhängen*,“ wobei „die Lebenswelt durch einen kulturell überlieferten und sprachlich organisierten Vorrat an Deutungsmustern repräsentiert“ wird. Damit gilt, „daß die Lebenswelt für Verständigung *als solche* konstitutiv ist, während die formalen Weltbegriffe ein Bezugssystem für das, *worüber* Verständigung möglich ist, bilden: Sprecher und Hörer verständigen sich aus ihrer gemeinsamen Lebenswelt heraus über etwas in der objektiven, sozialen und subjektiven Welt.“ Nach HABERMAS erfordert als Konsequenz daraus das *Verstehen* einer Äußerung grundsätzlich die *Teilnahme* an einer solchen Verständigung „im Sinne eines kooperativen Deutungsprozesses“, Bedeutungen „können nur *von innen* erschlossen werden.“¹⁴²

Mit seiner so konzipierten Theorie des *kommunikativen* Handelns, mit seinem „formalpragmatischen Begriff einer durch Verständigungsakte vermittelten Interaktion sprach- und handlungsfähiger Subjekte“ will HABERMAS „die Kommunikationstheorie von innen, über die formale Analyse der Verwendungsregeln sprachlicher Ausdrücke, und nicht von außen, über eine kybernetische Reformulierung des Übertragungsvorgangs präzisieren.“ Er grenzt sich damit nicht nur „von der objektivistischen Konzeption des Verständigungsvorganges als eines Informationsflusses zwischen Sender und Empfänger“ ab,¹⁴³ sondern auch

¹⁴⁰HABERMAS (1976), S. 255.

¹⁴¹HABERMAS (1981, 1), S. 149.

¹⁴²HABERMAS (1981, 2), S. 185, 187, 189 und 192, (1981, 1) S. 151, 128 und 165. Dabei dürfen nach HABERMAS Lebenswelt und Gesellschaft nicht gleichgesetzt werden in der von den Fiktionen der „Autonomie der Handelnden“, der „Unabhängigkeit der Kultur“ und der „Durchsichtigkeit der Kommunikation“ gespeisten Annahme, „daß sich die Integration der Gesellschaft *allein* unter den Prämissen verständigungsorientierten Handelns vollzieht.“ Vielmehr werden die zielgerichteten Handlungen der Angehörigen einer Lebenswelt „nicht nur über Prozesse der Verständigung koordiniert, sondern über funktionale Zusammenhänge, die von ihnen nicht intendiert sind und innerhalb des Horizonts der Alltagspraxis meistens auch nicht wahrgenommen werden. In kapitalistischen Gesellschaften ist der Markt das wichtigste Beispiel für eine normfreie Regelung von Kooperationszusammenhängen.“ Entsprechend wird die Gesellschaft von HABERMAS „gleichzeitig als System und Lebenswelt“ konzipiert (1981, 2, S. 183, 224 ff.).

¹⁴³HABERMAS (1981, 1), S. 373. Er nennt in diesem Zusammenhang ausdrücklich P. WATZLAWICK, J. H. BEAVIN & D. D. JACKSON (1969).

gegen das „teleologische Handlungsmodell“, das „Sprache als eines von mehreren Medien“ ansetzt, „über das die am eigenen Erfolg orientierten Sprecher aufeinander einwirken, um den Gegenspieler zu veranlassen, die im eigenen Interesse erwünschten Meinungen oder Absichten zu bilden oder zu fassen“ (als Beispiel für dieses „vom Grenzfall indirekter Verständigung ausgehende Sprachkonzept“ nennt er die oben skizzierte „intentionale Semantik“ von GRICE). „Allein das kommunikative Handlungsmodell setzt Sprache als ein Medium unverkürzter Verständigung voraus, wobei sich Sprecher und Hörer aus dem Horizont ihrer vorinterpretierten Lebenswelt gleichzeitig auf etwas in der objektiven, sozialen und subjektiven Welt beziehen, um gemeinsame Situationsdefinitionen auszuhandeln.“¹⁴⁴

Mit der Erfindung des Radars, mit der Steuerung und Nachführung von Flugabwehrgeschützen, mit der Entwicklung lenkbarer und selbststabilisierender Raketen entstanden im Zweiten Weltkrieg neue Aufgaben und Lösungen der Nachrichten- und Regelungstechnik: Sensoren und Effektoren, Steuerung durch Informationsflüsse, Selbstkorrektur und Anpassung an die Umwelt durch Rückkopplung. „Die vielen Automaten des gegenwärtigen Zeitalters sind mit der äußeren Welt für den Empfang von Eindrücken und für die Verrichtung von Handlungen verbunden. Sie enthalten Sinnesorgane, Geber und das Äquivalent eines Nervensystems, um das Übertragen der Information vom einen zum anderen zu gewährleisten. Sie lassen sich selbst sehr gut in physiologischen Ausdrücken beschreiben. Es ist kaum ein Wunder, daß sie mit den Mechanismen der Physiologie in einer Theorie zusammengefaßt werden können.“¹⁴⁵ Norbert WIENER hat dieser Forschungsrichtung, die *Information* als eigenständige Entität neben den klassischen Prinzipien Materie und Energie postuliert und in gleicher Weise technische und biologische Systeme zum Gegenstand hat, mit seinem Buch 1948 einen Namen gegeben: Kybernetik.

Die Kybernetik hatte von Anfang an einen interdisziplinären Anspruch und übte auch auf andere Disziplinen eine große Anziehungskraft aus. Der Kulturanthropologe Gregory BATESON, der schon in den vierziger Jahren Kontakt mit Warren MCCULLOCH, John von NEUMANN und Norbert WIENER hatte, entwickelte (zusammen mit dem Psychiater Jürgen RUESCH) in Anlehnung an die Kybernetik und Nachrichtentechnik unter Einbeziehung sozialer und kultureller Kontexte zu Beginn der fünfziger Jahre sehr einflußreiche Ansätze zur systemischen Analyse von Kommunikationsprozessen und deren Störungen. Für die zwischenmenschliche Kommunikation gilt dabei, „daß jede übermittelte Botschaft

¹⁴⁴A. a. O., S. 142. „Die intentionale Semantik stützt sich auf die kontraintuitive Vorstellung, daß sich das Verstehen der Bedeutung eines symbolischen Ausdrucks x auf das Verstehen der Absicht eines Sprechers S, einem Hörer H mit Hilfe eines Anzeichens etwas zu verstehen zu geben, zurückführen läßt. Auf diese Weise wird ein abgeleiteter Modus der Verständigung, auf den ein Sprecher zurückgreifen kann, wenn ihm der Weg direkter Verständigung verlegt ist, zum Originalmodus der Verständigung stilisiert. Der Versuch der intentionalen Semantik, das, was der symbolische Ausdruck x bedeutet, auf das, was S mit x meint bzw. indirekt zu verstehen gibt, zurückzuführen, scheitert, weil es für einen Hörer zweierlei ist zu verstehen, was S mit x *meint*, d. h. die *Bedeutung* von x zu *verstehen*, und die Absicht, die S mit der Verwendung von x verfolgt, also den *Zweck*, den S mit seiner Handlung erreichen *will*, zu *kennen*. Von Absichten kann man Kenntnis haben wie von Vorkommnissen in der Welt; anders verhält es sich mit Meinungen. Meinungen sind keine Absichten. H kann wissen, *daß* S eine Meinung hat, wenn ihm diese Tatsache zur Kenntnis gelangt; aber *was* S meint, kann H nur wissen, wenn er das Gemeinte (eben die Bedeutung eines entsprechenden symbolischen Ausdrucks) versteht“ (a. a. O., S. 371). Zur Auseinandersetzung darüber, ob die Theorie der Sprechakte und damit des kommunikativen Handelns in einer Theorie des Geistes verankert werden muß – so John R. SEARLE (1987) – oder ob die Kommunikationsgemeinschaft das Primäre ist (haben sprachliche Ausdrücke als „abgeleitete Intentionalität“ nur Bedeutung, weil man sich geistig auf die Welt beziehen kann, oder kann man nur etwas meinen, weil und wenn man die Regeln der Kommunikationsgemeinschaft und damit die Bedeutungen erlernt hat?), vgl. auch Karl-Otto APEL (1990).

¹⁴⁵Norbert WIENER (1968), S. 68.

zwei Arten von ‚Bedeutung‘ hat“, einerseits „eine Aussage oder ein Bericht über Ereignisse zu einem vorherigen Zeitpunkt,“ andererseits „ist sie ein Befehl – eine Ursache oder ein Reiz für Ereignisse zu einem späteren Zeitpunkt.“ Sie wird bestimmt durch „das Bewußtsein wechselseitiger Wahrnehmung“, und mit diesem Bewußtsein wird ein weiterer Typ der Kommunikation möglich, die „Metakommunikation“ als „Kommunikation über Kommunikation“, als ausgetauschte „Hinweise und Aussagen über a) die Kodierung und b) die Beziehung zwischen Kommunizierenden“. Erfolgreiche Kommunikation schließt vor allem „Korrektur durch andere und auch Selbstkorrektur ein. In solch einem fortlaufenden Prozeß führt aktuelle Information über das Selbst, die Welt und die Verbindung des Selbst zum Erwerb geeigneter Techniken und steigert schließlich die Chancen des Individuums, das Leben zu meistern. Erfolgreiche Kommunikation wird daher synonym mit Anpassung und Leben“, und das Studium „der Wirkung von Kommunikation auf das Verhalten zweier oder mehrerer interagierende[r] Entitäten“ wird damit „zum Studium des Erfolges oder Scheiterns der laufenden Selbstkorrektur.“ Allerdings ist die „wissenschaftliche Untersuchung der Kommunikation . . . durch die Tatsache erschwert, daß wir kommunizieren müssen, um die Kommunikation zu erforschen. Insofern als es unmöglich ist, zu irgendeinem Moment unsere Position als Beobachter zu fixieren, sind wir niemals dessen ganz sicher, was wir zu beobachten behaupten. Wir können niemals nicht kommunizieren“. ¹⁴⁶

„Objektivität ist die Illusion, daß Beobachtungen ohne einen Beobachter gemacht werden könnten“ – so hat das Heinz von FOERSTER¹⁴⁷ zugespitzt, der mit seiner die Beobachtung von Beobachtern einbeziehenden Kybernetik zweiter Ordnung einen wichtigen Baustein für die erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Position des „radikalen Konstruktivismus“¹⁴⁸ geschaffen hat. Eine andere wesentliche Quelle sind die Untersuchungen und Konzepte der Neurobiologen Humberto R. Maturana und Francisco J. Varela. So wie die Zellmembran einerseits Produkt des Stoffwechsels der Zelle ist, ihn aber andererseits überhaupt erst ermöglicht, so gilt für alle Lebewesen, daß sie sich selbst als unterschiedlich von der Umwelt konstituierende, *autopoietische Systeme* sind: „Es ist . . . den Lebewesen eigentümlich, daß das einzige Produkt ihrer Organisation sie selbst sind, das heißt, es gibt keine Trennung zwischen Erzeuger und Erzeugnis. Das Sein und das Tun einer autopoietischen Einheit sind untrennbar, und dies bildet ihre spezifische Art von Organisation.“¹⁴⁹ Vom „Standpunkt des Gehirns“ empfangen wir keine „Informationen“ aus der Umwelt, alles, was wir haben, sind Aktivitätsmuster der vergleichsweise wenigen sensorischen Nervenzellen, die mit denen der anderen interagieren. „Es ist daher ange-

¹⁴⁶Jürgen RUESCH & Gregory BATESON (1995), S. 202, 233, 30, 312 und 18 (Erstveröffentlichung 1951). In Deutschland ist der Ansatz BATESONS vor allem – angereichert mit weiteren Differenzierungen zum Inhalts- und Beziehungsaspekt, zur digitalen und analogen Kommunikation sowie zu deren Interpunktion – durch die Veröffentlichung von Paul WATZLAWICK, Janet H. BEAVIN & Don D. JACKSON (1969) populär geworden (im Literaturverzeichnis des Buches, das dem „Freund und Mentor“ BATESON gewidmet ist, wird erstaunlicherweise die Arbeit von RUESCH & BATESON nicht angeführt).

Der im Deutschunterricht an Hamburger Schulen gleichfalls sehr beliebte Friedemann SCHULZ VON THUN kombiniert WATZLAWICKS Unterscheidung von Inhalts- und Beziehungsaspekt der Kommunikation, die oben dargestellten drei Funktionen sprachlicher Zeichen nach BÜHLER (Symbol, Symptom, Appell) und das ebenfalls oben vorgestellte Code-Modell: Es gibt einen „Sender, der etwas mitteilen möchte“, er „verschlüsselt sein Anliegen in erkennbare Zeichen“, seine „Nachricht“, ein „Paket“ mit „vier Seiten“: „Sachinhalt“, „Selbstoffenbarung“, „Beziehung“ und „Appell“; dem „Empfänger obliegt es, dieses wahrnehmbare Gebilde zu entschlüsseln“ (1981, S. 14, 25 f., 30).

¹⁴⁷Zitiert nach Ernst von GLASERSFELD (1991), S. 17.

¹⁴⁸Für eine erste Orientierung vgl. den einleitenden Beitrag von Siegfried J. SCHMIDT (1987); in dem Band finden sich auch ausführliche bibliographische Hinweise.

¹⁴⁹H. R. Maturana & F. J. Varela (1987), S. 56.

messen, das Nervensystem als eine durch ihre internen Relationen definierte Einheit zu betrachten, in der die Interaktionen nur als Modulationen ihrer strukturellen Dynamik wirken“, das Nervensystem ist in diesem Sinne „durch *operationale Geschlossenheit* charakterisiert.“¹⁵⁰ Aus dieser Sicht „der inneren Dynamik eines Organismus“ ist ein anderes Lebewesen zunächst nur „eine Quelle von Perturbationen“ wie andere auch. Es ist aber möglich, „daß die Interaktionen zwischen Organismen im Verlauf ihrer Ontogenese einen *rekursiven* Charakter annehmen.“ Das führt zu „einer Ko-Ontogenese, an der die Organismen durch ihre gegenseitige strukturelle Koppelung beide beteiligt sind, wobei jeder seine Anpassung und Organisation bewahrt.“ Ein soziales System von Lebewesen „beinhaltet die dauernde strukturelle Koppelung seiner Mitglieder,“ *Kommunikation* ist dann das (nur durch einen Beobachter zu beschreibende) „gegenseitige Auslösen von koordinierten Verhaltensweisen unter den Mitgliedern einer sozialen Einheit.“¹⁵¹ Stimmt man mit den radikalen Konstruktivistinnen darin überein, daß die Funktion der Sprache

darin besteht, den zu Orientierenden innerhalb seines kognitiven Bereiches zu orientieren, und zwar ohne Rücksicht auf den kognitiven Bereich des Orientierenden, so wird klar, daß es keine Informationsübertragung durch Sprache gibt. Es ist dem Orientierten überlassen, wohin er durch selbständige interne Einwirkung auf seinen eigenen Zustand seinen kognitiven Bereich orientiert. Seine Wahl wird zwar durch die „Botschaft“ verursacht, die so erzeugte Orientierung ist jedoch unabhängig von dem, was die „Botschaft“ für den Orientierenden repräsentiert. Im strengen Sinne gibt es daher keine Übertragung von Gedanken vom Sprecher zum Gesprächspartner. Der Hörer erzeugt Information dadurch, daß er seine Ungewißheit durch seine Interaktionen in seinem kognitiven Bereich reduziert. Konsens ergibt sich nur durch kooperative Interaktionen, wenn das sich dabei ergebende Verhalten jedes Organismus der Erhaltung beider Organismen dienstbar gemacht wird.¹⁵²

Von Niklas LUHMANN stammt der Vorschlag, auch *soziale* Systeme (Interaktionen, Institutionen, die Gesellschaft) als autopoietische, operational geschlossene und selbstreferentielle Systeme aufzufassen, wobei deren Operationsform nicht das Bewußtsein, sondern die Kommunikation ist. LUHMANN geht davon aus, „daß drei Selektionen“ – Kommunikation ist „immer ein selektives Geschehen“, denn „Sinn läßt keine andere Wahl als zu wählen“ – „zur Synthese gebracht werden müssen, damit Kommunikation als emergentes Geschehen zustandekommt“, sie ist eine „Einheit aus Information, Mitteilung und Verstehen“. ¹⁵³ Menschen (*psychische* Systeme) sind dabei nicht Teil der sozialen Systeme, sondern sie gehören zu deren Umwelt, sie sind „eine ständige Quelle von Anlässen für die eine oder andere Wendung des kommunikationseigenen operativen Verlaufs.“ Psychische Systeme und soziale Systeme können „niemals fusionieren, auch nicht partiell überlappen“, sie sind „völlig getrennte, selbstreferentiell-geschlossene, autopoietisch-reproduktive Systeme“, sie „bestehen mithin völlig überschneidungsfrei nebeneinander“, sie „bilden zugleich aber ein Verhältnis struktureller *Komplementarität*.“ Daraus ergibt sich eine zunächst überraschende Folgerung: „Menschen können nicht kommunizieren, nicht einmal ihre Gehirne können

¹⁵⁰ A. a. O., S. 180 und 185. Das Gehirn bringt somit selbst „eine Welt hervor, indem es bestimmt, welche Konfigurationen des Milieus Perturbationen darstellen und welche Veränderungen diese im Organismus auslösen. Die populäre Metapher vom Gehirn als Computer ist nicht nur mißverständlich, sondern schlichtweg falsch“ (a. a. O.).

¹⁵¹ A. a. O., S. 196 und 210.

¹⁵² Humberto R. Maturana (1982), S. 57.

¹⁵³ Niklas LUHMANN (1984), S. 194, 196 und 203.

kommunizieren, nicht einmal das Bewußtsein kann kommunizieren. Nur die Kommunikation kann kommunizieren.“ Und LUHMANN kommt zu dem Schluß: „Ob ich meine, was ich sage, weiß ich nicht. Und wenn ich es wüßte, müßte ich es für mich behalten.“¹⁵⁴

Ob man nun dem Vorschlag der Unterrichtsskizze folgt und implizit GRICE und explizit HABERMAS behandelt oder ob man statt dessen oder zusätzlich andere Konzepte von Kommunikation¹⁵⁵ thematisiert, auf jeden Fall sollte im Unterricht auch besprochen werden, wie gering daran gemessen die Fähigkeiten von Computern sind, denn die zur vermeintlichen oder tatsächlichen Steigerung der Nutzerfreundlichkeit von Spielen, Datenbanken, Auskunft- und Expertensystemen usw. entwickelten „Dialogsysteme“¹⁵⁶ können bei den Anwendern zu Illusionen über deren Leistungen und Grenzen führen:

Eine Nutzerillusion basiert auf der Überschätzung der kommunikativen Fähigkeiten des Computers, was durch die Programmgestaltung bewußt herbeigeführt wird. Eine formale Interaktionsform mit dem Computer entspricht dem instrumentellen Charakter dieses Kommunikationstyps, während die natürliche Sprache soziale Erwartungen weckt. Eine damit intendierte Nutzerfreundlichkeit kann in dem Sinn kontraproduktiv wirken, daß ein Schein von Intelligenz und damit verbunden Wertschätzung aufgebaut wird, der keine soziale Entsprechung hat.¹⁵⁷

Daraus ergibt sich eine wichtige pädagogische Gegenwarts- und Zukunftsaufgabe: „Die begriffliche Ausdifferenzierung der Dialogmetapher in der Folge der Entwicklung der Softwaretechnologie kann in zwei Richtungen führen: Entweder gelangen wir im Spiegel der technischen Entwicklung zu einer immer differenzierteren Betrachtung des sozialen Handelns, oder aber das analogisierende Denken webt alles Geschehen zu einem undurchdringlichen begrifflichen Netz. Von besonderer Brisanz ist die Beobachtung, die sicherlich noch weiterer Bestätigung bedarf, daß die anthropomorphisierende Dialogmetapher besonders dann zum Zuge kommt, wenn die handelnden Personen die technischen Prozesse nicht mehr durchschauen, wenn diese, vergleichbar den Naturgewalten im animistischen Denken, als autonom handelnde Entitäten begriffen werden.“¹⁵⁸

Schlußbemerkung

In der Einführung zu diesem Unterrichtsmodul 2 (vgl. oben S. 5 ff.) wurden die Thesen vertreten, daß erstens Sprachgebrauch und Sprachverstehen die herausragendste artspezifisch menschliche Intelligenzleistung ist, daß zweitens die Sprache nicht nur für die kognitive, sondern wegen zahlreicher wichtiger Anwendungen auch für die technische KI eine besondere Herausforderung darstellt und daß es drittens auch eine Reihe sehr guter didaktischer Gründe dafür gibt, die Frage „Können Computer denken?“ auf das Sprachverstehen zuzuspitzen. Welche Bilanz läßt sich am Ende des Unterrichts ziehen?

¹⁵⁴LUHMANN (1988), S. 893, 884 und 901.

¹⁵⁵Vgl. zu den unterschiedlichen Metaphern, Modellen und Konzepten von Kommunikation im Alltag und in den Wissenschaften Reinhard FIEHLER (1990) und Klaus KRIPPENDORFF (1990).

¹⁵⁶„In der Tat sind mittlerweile die einzigen ‚Computeranwendungen‘, die etwas zählen, ‚dialogische‘, und man spricht unentwegt von ‚Kommunikation‘ oder ‚Interaktion‘ mit dem Computer, als sei es das Natürlichste dieser Welt, einen Dialog mit einer Maschine zu führen“ (Grant JOHNSON (1984), S. 40).

¹⁵⁷Nina DEGELE (1994), S. 104. Zu den Resultaten und Problemen der KI aus der Sicht (bzw. aus den Sichten) der Soziologie siehe auch den von Werner RAMMERT (1995) herausgegebenen Band.

¹⁵⁸Rüdiger WEINGARTEN (1989), S. 117.

Sprachverstehen ist einerseits eine Konstruktion des Hörers und Lesers, es ist interessegeleitet, vom Vorverständnis, von Erwartungen und Emotionen abhängig: *das* richtige Verstehen eines sprachlichen Ausdrucks gibt es nicht. Andererseits ist es nicht beliebig, es wird wesentlich bestimmt durch die Sozialisation in einer Sprachgemeinschaft, durch kulturelle und soziale Konventionen und nicht zuletzt durch unser evolutionäres Erbe. Über die Wirkungsweise dieser psychischen, sozialen und biologischen Faktoren und ihr Zusammenspiel ist zu wenig bekannt, als daß ich hier eine begriffliche Präzisierung des Verstehens natürlicher Sprache wagen könnte.¹⁵⁹ Aber auch ohne sie läßt sich – bei allem Respekt vor den Leistungen einzelner Systeme bei eng umrissenen Aufgaben – sagen, daß es eine umfassendere maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache, die auch relevante semantische und pragmatische Aspekte einbezieht, gegenwärtig nicht gibt. Und auf den vergangenen Seiten wurde eine Reihe guter Gründe dafür genannt, daß sich daran in den nächsten Jahren wenig ändern wird; insgesamt ist nach ihrer „heroischen“ Zeit auch in den Reihen der KI eine deutliche Ernüchterung eingetreten. Bemerkenswert ist daran auch, daß sich das, was uns wohl von allen anderen Tieren unterscheidet, nämlich die Beherrschung einer Syntax, deutlich leichter maschinell nachbilden läßt als das, was wohl einige Tiere mit uns (zumindest in Ansätzen) teilen: Erfassen von Bedeutung, Intentionalität, Bewußtsein.

Sind damit auch die (prinzipiellen) Fragen „Können Computer denken?“ oder „Können Computer Sprache verstehen?“ beantwortet? Sicher nicht. Erstens sind Denken und eine Sprache verstehen graduelle Begriffe, man kann keinen Punkt angeben, vor dem diese Fähigkeiten abgesprochen und ab dem sie zugesprochen werden könnten.¹⁶⁰ Zweitens steht jeder, der Computern prinzipiell die Fähigkeit zu bestimmten Leistungen des Menschen abspricht, vor folgendem Problem: „Jedes Argument gegen die Möglichkeit ‚künstlicher Intelligenz‘ muß . . . aus zwei Teilen bestehen, nämlich aus einem negativen Teil, der die Gründe dafür enthält, daß einem künstlichen System eine bestimmte Eigenschaft auf keiner Ebene seiner Beschreibung zukommt, und aus einem positiven Teil, der zeigt, daß und in welcher Weise eine solche Eigenschaft beim Menschen realisiert ist. Ohne den zweiten, positiven Teil bliebe das Argument unvollständig.“¹⁶¹ Zum ersten Teil haben DREYFUS, SEARLE und andere interessante Beiträge geliefert (vgl. die Abschnitte 6.1 und 7 im Teil 2 und den Abschnitt A.3 im Anhang), aber beim zweiten Teil gibt es, siehe oben, auch in den Humanwissenschaften erhebliche Lücken, d. h. die Proponenten der KI können immer anführen, daß man auch entsprechende Maschinen wird bauen können, wenn die Leistungen und Prozesse beim Menschen besser erforscht sein werden.

Terry WINOGRAD & Fernando FLORES (1989, S. 14) geben auf die Fragen „Können Computer denken?“ und „Können Computer Sprache verstehen?“ noch eine andere Antwort:

Uns geht es nicht so sehr um die Lösung als um die *Auflösung* dieser Fragen. Sie erwachsen auf einem zugrundeliegenden Verständnis menschlichen Denkens und Sprechens, auf einem Hintergrund, der selbst wieder überprüft und korrigiert werden muß. Am Ende waren wir gar nicht mehr damit befaßt, die traditionell gestellten Fragen zur

¹⁵⁹Nach den phänomenologischen und hermeneutischen Diskursen der vergangenen Jahrzehnte dominieren nun „kognitive“ und „konstruktivistische“, vgl. z. B. Jürgen GRZESIK (1990), Rita NOLAN (1994), Gebhard RUSCH (1990, 1992), Siegfried J. SCHMIDT (1990, 1992) und Monika SCHWARZ (1992).

¹⁶⁰Vgl. dazu auch Rosemarie RHEINWALD (1991), S. 44 f.

¹⁶¹Matthias TICHY (1994), S. 248. „Der Gedanke einer denkenden Maschine hat sicherlich seine Grenze, aber dabei handelt es sich um das Spiegelbild der Grenze unserer Welt- und Selbstauffassung, der wir uns nur von innen her nähern können“ (a. a. O., S. 257 f.).

Technologie mit neuen Antworten zu beliefern. Wir suchen jetzt nach neuen Fragen, die uns den Weg weisen zu Entwurfsmethoden und Verwendungszusammenhängen von Maschinen, die für menschliche Ziele geeignet sind.

Trotz der negativen bzw. offenen Antworten auf die genannten Fragen lohnt eine Behandlung im Unterricht: Man lernt nicht nur viel über die KI und darüber, was Computer (nicht) leisten und wozu wir sie nutzen können und sollten, sondern auch über die Sprache und damit über uns Menschen; man lernt den Wert begrifflicher Klarheit und den Wert empirischer Forschung sowie ihren Zusammenhang kennen; man lernt, daß sich reale Probleme nicht nach den Grenzen der Fächer richten und daß es nicht auf alle Fragen eine befriedigende Antwort gibt; und nicht zuletzt lernt man etwas für jede interdisziplinäre Zusammenarbeit sehr Wichtiges, nämlich daß die Disziplinen und Fächer recht unterschiedliche Perspektiven und Denkstile haben.

Auch nach Einschätzung der Schülerinnen und Schüler war die Bilanz des Unterrichts sehr positiv, insbesondere die Schülerinnen waren von diesem Anschauung, praktische Übung und gemeinsame Reflexion verbindenden und bei den Algorithmen an Sprachverarbeitung orientierten Ansatz sehr angetan. Ich kann mich diesem Urteil nur anschließen, auch mir hat der Unterricht viel Spaß gemacht.

Anhang

A Semantik und ihre formale Repräsentation 95

B Literatur 152

A Semantik und ihre formale Repräsentation

Semantik beschäftigt sich mit der Bedeutung – das ist allgemein akzeptiert und leicht gesagt. Was „Bedeutung“ aber ist, darüber gehen die Meinungen weit auseinander und es läßt sich nur schwer genauer fassen. Das liegt erstens daran, daß unter dem Titel „Semantik“ ganz unterschiedliche Themen und Fragen behandelt werden, je nachdem sich Philosophen, Logiker, Linguisten oder Psychologen damit befassen; zweitens gibt es innerhalb dieser Disziplinen eine Reihe konkurrierender Ansätze und Theorien; und drittens herrscht häufig als Folge davon, aber auch aus historischen und geographischen Gründen, ein verwirrendes terminologisches Durcheinander.

A.1 Zur Bedeutung von „Bedeutung“

Das Wort „bedeuten“ ist selbst ein gutes Beispiel für das im Unterrichtsmodul 2 mehrfach angesprochene Problem der Mehrdeutigkeit: Rauch bedeutet Feuer, Geld bedeutet mir wenig, er bedeutete mir zu schweigen, was mag ihr seltsames Verhalten bloß bedeuten?, „to kick the bucket“ bedeutet dasselbe wie „ins Gras beißen“. Beschränkt man sich auf die sprachliche Bedeutung im engeren Sinne, kann man dann weiter nach der Art der sprachlichen Ausdrücke unterscheiden, denn das Problem der Bedeutung stellt sich je anders bei ganzen Texten, Einzelsätzen und Wörtern.¹⁶² Letztere unterscheiden sich wiederum nach Art und Funktion. Gängig (vgl. oben den Abschnitt 8 vom Unterrichtsmodul 2) ist die Unterscheidung von Nominatoren (auch: singuläre Termini) und Prädikatoren (auch: generelle Termini), aber es gibt auch Wörter, die sich keiner dieser beiden Kategorien zuordnen lassen (z. B. „und“, „nicht“, „einige“, „ob“, „leider“).

Am einfachsten scheint die Lage bei Nominatoren zu sein: die Bedeutung von „Marie Curie“ wird erklärt durch den Verweis auf jene Frau, die am 7. November 1867 als Maria Skłodowska in Warschau geboren wurde und die später für ihre Arbeiten zur radioaktiven Strahlung und Radiochemie erst den Nobelpreis für Physik und dann den für Chemie erhielt, „der höchste Berg Europas“ steht für den Montblanc, kurz: Die Bedeutung dieser Wörter besteht darin, daß sie gewisse „Gegenstände“ bezeichnen. So weit, so gut. Aber: welche „Gegenstände“ genau werden durch „Winnetou“, „die fünfte Muse“, „die Zahl Drei“ bezeichnet? Und haben nicht die Ausdrücke „der Ehemann von Hannelore Renner“ und „der gegenwärtige Bundeskanzler“ eine unterschiedliche Bedeutung, obwohl beide dieselbe Person bezeichnen?¹⁶³

¹⁶²Auch „Satz“ und „Wort“ sind mehrdeutig. Handelt es sich bei „Haus“ und „Haus“ um zwei Wörter oder um eins? Wie ist es mit „geht“ und „ging“ oder mit dem gesprochenen und dem geschriebenen Wort? Wenn es wichtig ist, kann man z. B. (die Terminologie ist nicht einheitlich) zwischen *Typ* und *Vorkommnis*, *Lexem* und *Wortform* sowie verschiedenen *Zeichenkörpern* unterscheiden (im vorliegenden Text finde ich es nicht wichtig). Semantisch bedeutsamer ist der Unterschied zwischen einem *Satz* und seiner *Äußerung* einerseits und seiner *Aussage* (auch: *Proposition*) andererseits. Mit Äußerungen von verschiedenen Satztypen kann man dieselbe Aussage machen („Peter liebt Mary“, „Mary wird von Peter geliebt“, „Peter loves Mary“), aber mit dem Satz „Ich bin heute gut drauf“ wird etwas anderes ausgesagt, je nach dem Sie ihn heute äußern oder ich ihn morgen.

¹⁶³Selbstverständlich kann man die Bedeutung eines Namens nicht mit dem bezeichneten Gegenstand *gleichsetzen*, weil sonst die *Bedeutung* von „Marie Curie“ 1934 gestorben und die *Bedeutung* von „der höchste Berg Europas“ ca. 4800 m hoch wäre. „Dies heißt, die Bedeutung eines Namens verwechseln mit dem *Träger* des Namens“ (WITTGENSEIN, *Philosophische Untersuchungen*, § 40). Daß die Problemlage bei Eigennamen und Kennzeichnungen wirklich nur scheinbar einfacher ist als bei Prädikatoren, wurde in

Auch im Falle von Prädikatoren stößt diese schlichteste Form einer „realistischen“ Semantik auf ernste Probleme. Nach dieser Auffassung sind die durch Prädikatoren wie „gelb“, „Haus“, „Fluß“ bezeichneten Gegenstände die Eigenschaften, die bestimmte Dinge haben, andere aber nicht, bzw. die Klassen oder Mengen von Gegenständen mit diesen Eigenschaften. Nun *sind* aber Dinge nicht einfach gelb, sondern wir nehmen sie als gelbe wahr, durch Abstraktion und im Vergleich mit anderen Dingen und Eigenschaften (und andere Sprachgemeinschaften haben ein anderes Spektrum von Farbwörtern¹⁶⁴). Häuser *sind* nicht einfach Häuser, wir planen, bauen und nutzen sie als solche. Und der Unterschied zwischen Bächen, Flüssen und Strömen ist nicht naturgegeben, wir *machen* ihn, weil wir das so gelernt haben, d. h. durch den Sprachgebrauch wird in einer Sprachgemeinschaft auch festgelegt, was und wie in ihr ein „Gegenstand“ ist (vgl. den Abschnitt 8 vom Unterrichtsmodul 2). Auch hier ergeben sich bei abstrakten Prädikatoren wie „Zahl“ oder „gerecht“ zusätzliche Schwierigkeiten, genau anzugeben, welche „Gegenstände“ durch sie bezeichnet werden. Diese Probleme führten schon bei ARISTOTELES dazu, die Frage nach der Bedeutung von Wörtern nicht primär mit den durch sie bezeichneten Dingen, sondern mit unseren *Gedanken* und *Vorstellungen* zu verbinden.¹⁶⁵

In dieser Tradition vertrat auch John LOCKE die Position, daß die Wörter „von den Menschen als Zeichen für ihre Ideen verwendet“ werden. Ihr „Zweck besteht also darin, sinnlich wahrnehmbare Kennzeichen der Ideen zu sein; die Ideen, für die sie stehen, machen ihre eigentliche und unmittelbare Bedeutung aus.“ Zwar liegt der letzte Zweck der Erkenntnis „in den Dingen selbst“, aber die Bedeutung der Wörter ist nach LOCKE genau genommen „auf die Ideen dessen beschränkt, der sie gebraucht, und für nichts anderes können sie als Zeichen dienen“, auch wenn die Menschen in der Regel voraussetzen, „daß ihre Wörter auch Kennzeichen der Ideen im Geiste anderer sind, mit denen sie sich unterhalten“, und „daß die Wörter auch die Realität der Dinge vertreten.“¹⁶⁶

Eine konsequente und radikale Zuspitzung dieser Position würde allerdings zum Solipsismus führen, andererseits wird man, wie oben gezeigt, dem Phänomen der Bedeutung durch eine *direkte* Beziehung zwischen Wörtern und Gegenständen auch nicht gerecht. Diese Überlegungen zum Verhältnis von Sprache, Denken und Welt führen zum berühmten „semiotischen Dreieck“ von Charles Kay OGDEN und Ivor Armstrong RICHARDS:¹⁶⁷

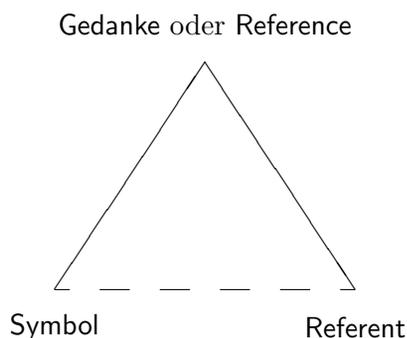
der Sprachphilosophie spätestens durch Saul A. KRIPKE (1981) und die daran anschließende Diskussion verdeutlicht (einen Überblick gibt Ursula WOLF (1993), vgl. dazu auch Ernst TUGENDHAT (1976), S. 341 ff., und E. TUGENDHAT & U. WOLF (1983), S. 146 ff.). Zur Semantik und Ontologie fiktiver Gegenstände wie Sherlock Holmes vgl. Wolfgang KÜNNE (1983), S. 291 ff.

¹⁶⁴Brent BERLIN und Paul KAY erforschten die Verwendung von Farbnamen bei einer größeren Anzahl nicht verwandter Sprachen. Nirgends gibt es mehr als elf Grundfarbwörter (wie bei uns), häufig aber weniger. Dabei entdeckten sie ein bestimmtes Schema: Es gibt mindestens zwei Grundfarbwörter (für helle und dunkle Farben), kommt ein drittes hinzu, so steht es für die Farbe Rot, es folgt als viertes entweder eins für Gelb oder Grün, als fünftes das andere, als sechstes Blau, dann Braun, dann die anderen (vgl. dazu David CRYSTAL (1993), S. 106, Howard GARDNER (1989), S. 358 ff., Elmar HOLENSTEIN (1980), S. 59 ff., sowie die Fußnote 10 von Teil 2).

¹⁶⁵„Es sind also die Laute, zu denen die Stimme gebildet wird, Zeichen der in der Seele hervorgerufenen Vorstellungen, und die Schrift ist wieder ein Zeichen der Laute. Und wie nicht alle dieselbe Schrift haben, so sind auch die Laute nicht bei allen dieselben. Was aber durch beide an erster Stelle angezeigt wird, die einfachen seelischen Vorstellungen, sind bei allen Menschen dieselben, und ebenso sind es die Dinge, deren Abbilder die Vorstellungen sind.“ (*de interpr.*, 1., 16a 3–8)

¹⁶⁶*Versuch über den menschlichen Verstand*, Drittes Buch, II, 1., 4., 5. und 8., IX, 21. Mehr zu LOCKE (und dem auch für die KI wichtigen Konzept der „mentalen Repräsentation“) im Abschnitt 2.3 von Teil 2.

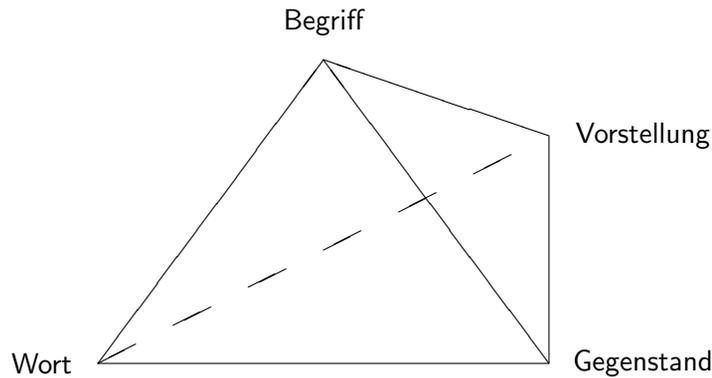
¹⁶⁷*The Meaning of Meaning*, London 1923.



In dieser vielfältig variierten Deutung bestehen kausale Beziehungen zwischen dem Symbol und dem Gedanken einerseits und dem Gedanken und dem Gegenstand in der ausdrücklich anerkannten Außenwelt (Referent) andererseits, aber die Beziehung zwischen Symbol und Referent ist nur eine indirekte, über den Gedanken vermittelte. Die Gedanken der Menschen sind allerdings nicht öffentlich zugänglich, sie sind anders als Symbole und Gegenstände, nur schwer zu fassen und zu überprüfen, und so hat dieser je nach Sicht „subjektivistische“, „psychologistische“, „idealistische“ Standpunkt Widerspruch von ganz unterschiedlichen Seiten erfahren. Von marxistischer Seite wird der objektive Widerspiegelungscharakter von Sprache und Erkenntnis dagegengesetzt,¹⁶⁸ und Platonisten würden an der Spitze lieber ideelle, von der materiellen Welt und vom menschlichen Bewußtsein unabhängige, Entitäten sehen. Auch andere vermissen hier neben Wort, Vorstellung und Gegenstand ein Viertes: den *Begriff*. So schlägt Paul LORENZEN bei seinem Plädoyer für eine „rationale Semantik“, bei der die Verständigungsmittel intersubjektiv kontrolliert, d. h. explizit und dann durch geregelte sprachliche Abstraktionen, eingeführt werden sollen, das folgende Schema vor („Tetraeder der Begriffstheorie“):¹⁶⁹

¹⁶⁸ „Das Objekt, das in der Erkenntnisbeziehung das gemeinsame Gegenglied verschiedener Subjekte darstellt, ist die materielle Welt, die sich konkret in Gestalt von Dingen (verstanden im weitesten Sinne des Wortes) offenbart“ (Adam SCHAFF (1973), S. 203). Auch wenn man diesen Standpunkt nicht teilt, lohnt die Lektüre, da hier eine ganze Reihe möglicher Interpretationen der Bedeutung ausführlich diskutiert werden: „1. Bedeutung ist der Gegenstand, dessen Name das Zeichen ist; 2. ... eine Eigenschaft von Gegenständen; 3. ... ein ideeller Gegenstand bzw. eine inhärente Eigenschaft des Gedankens; 4. ... eine Beziehung: a) zwischen Zeichen, b) ... dem Zeichen und dem Gegenstand, c) ... dem Zeichen und dem Gedanken über den Gegenstand, d) ... dem Zeichen und dem Handeln der Menschen, e) den Menschen, die sich mit Hilfe von Zeichen verständigen“ (S. 210).

¹⁶⁹ P. LORENZEN (1980), S. 74 u. 89. Es ist allerdings nicht leicht, den Begriff des Begriffs, der vor allem in der Tradition der deutschen Philosophie eine große Rolle spielt, von dem der Vorstellung abzugrenzen (insbesondere wenn für beide dasselbe Wort *concept* verwendet wird). Wenn man nicht (was heute meist geschieht, aber problematisch ist) Begriffe mit den Wörtern oder den Vorstellungen identifizieren will, kann man sie (wie LORENZEN und andere Vertreter der „Erlanger Schule“) als metasprachliche Abstraktionen oder aber „platonisch“, als eigene „reale“ Existenzweise verstehen (in jedem Falle braucht man eine tragfähige Theorie der Synonymie, und das ist ein Problem). Für eine neuere Position zum „Universalien-Streit“ im Rahmen der Analytischen Philosophie der Sprache vgl. Wolfgang KÜNNE (1983).



Aber das Problem der Bedeutung hat noch mehr Ecken und Kanten. Zeichen beziehen sich immer auch auf Zeichen – darauf hat PEIRCE nachdrücklich hingewiesen –, sie repräsentieren und interpretieren sich in einem iterativen und rekursiven Prozeß gegenseitig.¹⁷⁰ Wörter stehen nie alleine. Sie bilden erstens ein System mit Ähnlichkeiten und Unterschieden, Über- und Unterordnungen. Sie stehen zweitens in einem Text- und Satzzusammenhang, durch den die Bedeutung einzelner Wörter spezifiziert wird und der bestimmte Zusammenstellungen ausschließt („Farblose grüne Ideen schlafen wütend“). Damit ergeben sich weitere zentrale semantische Kategorien: Ambiguität, Synonymie und Antonymie, Hypo- und Hyperonymie, Wahrheit, Kohärenz und Folgerichtigkeit.

Der wichtigste Mangel der oben angeführten Schemata ist aber, daß darin die *Menschen* fehlen, die sich durch Sprache miteinander verständigen. Konkrete Äußerungen sind immer Sprechakte (vgl. Abschnitt 9 vom Unterrichtsmodul 2), vollzogen von einem bestimmten Menschen und in einer bestimmten *Situation*. Und sie sind Bestandteil der *Kommunikation* zwischen Menschen, für die es in einer Kultur sprachliche und soziale Regeln gibt und bei der somit Vorannahmen, Erwartungen und Implikaturen wesentlich zum Verständnis der Bedeutung dieser Äußerungen beitragen (vgl. Abschnitt 11).

Im Zusammenhang mit der sprachlichen Bedeutung wäre also zu klären: Worauf beziehen sich Wörter und Sätze, wofür stehen sie? In welchem Zusammenhang stehen sie mit anderen Wörtern und Sätzen? In welcher Beziehung stehen sie zu den Gedanken, Vorstellungen, Intentionen der Menschen, die sie benutzen? Welche Rolle spielen dabei die Sprachgemeinschaft und die sozialen Regeln der Kommunikation?¹⁷¹ Und – so muß man

¹⁷⁰ „Ein Zeichen oder *Repräsentamen* ist alles, was in einer solchen Beziehung zu einem Zweiten steht, das sein *Objekt* genannt wird, daß es fähig ist ein Drittes, das sein *Interpretant* genannt wird, dahingehend zu bestimmen, in derselben triadischen Relation zu jener Relation auf das Objekt zu stehen, in der es selbst steht. Dies bedeutet, daß der Interpretant selbst ein Zeichen ist, das ein Zeichen desselben Objekts bestimmt und so fort ohne Ende“ (Charles Sanders PEIRCE (1983), S. 64). Vgl. dazu auch William E. SMYTHE (1990): Den auch in der KI vorherrschenden kognitionstheoretischen Ansätzen zum Verständnis des Symbols und der Repräsentation wirft er die Irrtümer „der Referenz, der Immanenz“ und „des Psychologismus“ vor.

¹⁷¹ Dieter WUNDERLICH (1974, S. 236f.) unterscheidet z. B. „drei Varianten des Bedeutungsbegriffs“: die *sprachexterne Bedeutung sprachlicher Ausdrücke* (Referenzsemantik), die *sprachinterne Bedeutung sprachlicher Ausdrücke* (Inhaltssemantik) und die *Bedeutung sprachlicher Äußerungen* in Kommunikationssituationen. Andere Linguisten überlassen den ersten Komplex den Philosophen, konzentrieren sich auf den zweiten und zählen den dritten zur Pragmatik.

Weiter könnte man noch nach der Entwicklung und Dynamik der Bedeutung fragen: phylogenetisch im Zusammenhang mit der Evolution des Bewußtseins, ontogenetisch im Zusammenhang mit dem Spracherwerb und mit der Entwicklung des Denkens, historisch als Wandel in einer Sprachgemeinschaft; kurz: nach

im Rahmen dieser Arbeit dann weiter fragen – *was läßt sich davon formalisieren oder anders für die maschinelle Sprachverarbeitung nutzbar machen?*

Bei einer so komplexen Problemlage ist sicher ohne weiteres klar, daß eine allgemeine und umfassende Theorie der sprachlichen Bedeutung nicht existiert. Es können, wie im folgenden Text, nur einzelne Ergebnisse und Diskussionslinien aus den Bereichen Philosophie, Logik, Linguistik und Psychologie vorgestellt werden.

A.1.1 Philosophie und Logik

Großen Einfluß auf die Entwicklung der Bedeutungstheorien in der Philosophie hatte, wie schon im Abschnitt 3.2 von Teil 2 angedeutet, das Werk von Gottlob FREGE,¹⁷² weil er

- sich konsequent gegen jeden „Psychologismus“¹⁷³ wandte,
- die Relevanz des *Satzzusammenhanges* bei Bedeutungsfragen betonte,
- dabei sprachliche Ausdrücke nicht nach ihrer grammatikalischen, sondern nach ihrer *logischen* Funktion unterschied (Namen, Prädikate, logische Partikel),
- die folgenreiche Unterscheidung in *Sinn* und *Bedeutung* einführte.

Diesen Unterschied entwickelte er an Identitätsaussagen wie „Der Morgenstern ist der Abendstern“. Beide Namen bezeichnen die Venus, aber dennoch ist der Satz nicht so trivial wie „Die Venus ist die Venus“, da es keineswegs selbstverständlich ist, daß der erste Stern am Abendhimmel auch der letzte am Morgenhimmel ist. „Es liegt nun nahe, mit einem Zeichen (Namen, Wortverbindung, Schriftzeichen) außer dem Bezeichneten, was die Bedeutung des Zeichens heißen möge, noch das verbunden zu denken, was ich den Sinn des Zeichens nennen möchte, worin die Art des Gegebenseins enthalten ist.“ „Die Art des Gegebenseins“ mag dabei gleichsam einseitig von einem bestimmten Standpunkt abhängen, aber FREGE bemühte sich mit Nachdruck, den Sinn eines Zeichens von der mit ihm verknüpften *Vorstellung* zu unterscheiden, da diese bloß „subjektiv“ ist und bei gleichem Sinn bei verschiedenen Personen und zu verschiedenen Zeiten möglicherweise unterschiedlich, somit für wissenschaftliche Zwecke nicht brauchbar ist. Wenn man die subjektiven Vorstellungen beiseite läßt, gibt es also außer Zeichen und Gegenstand ein Drittes: „Wir drücken mit einem Zeichen dessen Sinn aus und bezeichnen mit ihm dessen Bedeutung.“¹⁷⁴ Unterschiedliche Zeichen können denselben Sinn ausdrücken, sinnverschiedene Ausdrücke dieselbe Bedeutung_{iSF}¹⁷⁵ haben. Mit dem Sinn sprachlicher Ausdrücke wird also eine feine dem Zusammenhang von Bedeutung und Zeitlichkeit.

¹⁷²FREGE war damit „der Begründer sowohl der modernen Logik als auch der modernen Sprachphilosophie“ (Michael DUMMETT (1982b), S. 47).

¹⁷³Vgl. zu diesem (Kampf-) Begriff und den damit verbundenen Kontroversen, Entfremdungen und Ignoranz in Philosophie und Psychologie Nicole D. SCHMIDT (1995). Die Autorin plädiert für deren Überwindung und die Wiederaufnahme des Dialogs.

¹⁷⁴*Über Sinn und Bedeutung*, in: G. FREGE, *Funktion, Begriff, Bedeutung* (herausgegeben von G. PATZIG), Göttingen ³1969 (Erstveröffentlichung 1892), S. 41 u. 46. FREGES Unterscheidung – die entfernt an die von J. S. MILL in *denotation* und *connotation* erinnert – wurde zwar vielfach übernommen, nicht aber die Terminologie. So wird für „Bedeutung“ (engl. *reference, denotation*) auch „Bezug“, „Bezeichnung“, „Referenz“ und „Extension“, für „Sinn“ (engl. *sense, meaning*) auch „Bedeutung“ und „Intension“ verwendet.

¹⁷⁵Da ich das Wort „Bedeutung“ bewußt schillernd und allgemein, somit für beides verwende, kennzeichne ich im folgenden Text die Bedeutung *im Sinne* FREGES durch den Index „iSF“.

nerer Unterscheidung getroffen als mit ihrer Bedeutung_{iSF}, und er ist umfassender, da es Ausdrücke gibt, die einen Sinn, aber keine Bedeutung_{iSF} haben (z. B. „Winnetou“). Umgekehrt kann es keine Ausdrücke mit unterschiedlicher Bedeutung_{iSF} geben, die denselben Sinn ausdrücken. Kurz: Der Sinn determiniert die Bedeutung_{iSF}.

FREGE war eigentlich gar nicht interessiert an einer Semantik der *natürlichen* Sprache, weil er „die Sprache des Lebens“ im Bereich der Philosophie als untaugliches Werkzeug ansah. Sein Interesse galt einer Fundierung der Mathematik und Logik und der Entwicklung besserer Hilfsmittel für Beweise in diesen Bereichen. Letzteres betrifft in erster Linie die deduktiven Schlüsse und die logischen Äquivalenzen, und in beiden Fällen kommt es darauf an, daß sich die Wahrheit einer Aussage¹⁷⁶ (z. B. einer mathematischen Gleichung) nicht ändert, wenn in ihr Ausdrücke durch andere ersetzt werden, die denselben Gegenstand bezeichnen, also dieselbe Bedeutung_{iSF} haben (z. B. „ $3^2 + 4^2$ “ durch „ 5^2 “). Das Ziel wissenschaftlicher Bemühungen sind Tatsachen, und das sind nach FREGE Gedanken, die wahr sind. Gedanken werden nach seiner Auffassung durch das Denken nicht geschaffen, sondern entdeckt, „gefaßt“ (er orientierte sich hier an den „ewig wahren“ mathematischen Lehrsätzen), und ihre unabhängig vom Menschen feststehende Wahrheit wird im Urteil anerkannt. Entsprechend unterschied er bei Sätzen zwischen ihrem Sinn, dem durch sie ausgedrückten *Gedanken*, und ihrer Bedeutung_{iSF}, dem *Wahrheitswert*. Auf diese Weise ist bei indikativischen Aussagesätzen ohne eingebettete Nebensätze (zu den anderen Fällen komme ich weiter unten) gewährleistet, daß sich die Bedeutung_{iSF} eines Satzes nicht ändert, wenn ein Satzteil durch einen anderen mit derselben Bedeutung_{iSF} ersetzt wird (Substitutionsprinzip), und die Bedeutung_{iSF} eines Satzes ist eine Funktion der Bedeutung_{iSF} der in ihm enthaltenen Ausdrücke und der Art ihrer Zusammensetzung (Kompositionalitätsprinzip). Beim Sinn sind die Verhältnisse allerdings deutlich komplizierter, denn Ausdrücke mit derselben Bedeutung_{iSF} können ja einen unterschiedlichen Sinn haben, und es ist alles andere als einfach, bei sprachlichen Ausdrücken ein Kriterium dafür anzugeben, ob sie denselben oder einen unterschiedlichen Sinn haben (FREGE selbst hat dazu nur erste Schritte entwickelt).

FREGES Ansätze zur philosophischen Semantik hatten großen Einfluß auf die Arbeiten RUSSELLS, des frühen WITTGENSTEIN und auf das Programm des Logischen Empirismus bei CARNAP und im Wiener Kreis¹⁷⁷ (vgl. den Abschnitt 3 von Teil 2). Nicht übernommen wurde dabei die platonische Sicht FREGES, daß der durch die Sprache ausgedrückte Sinn

¹⁷⁶Bis heute ist umstritten, ob man das Prädikat „wahr“ besser auf Sätze oder auf das mit ihnen Ausgesagte (Propositionen) anwenden bzw. ob man überhaupt Propositionen als eigenständige Entitäten annehmen sollte (vgl. dazu auch die Position von QUINE unten S. 106). Ein zentrales Problem bei dieser Diskussion ist, kurz gesagt, daß zwar der Satz „*Sepp Herberger said that the ball is round*“ wahr ist, nicht aber „*Sepp Herberger said: ‚The ball is round‘*“. Ähnliche Probleme treten auf im Zusammenhang mit „nicht-extensionalen Kontexten“ (vgl. unten S. 104), mit dem „propositionalen Gehalt“ bei Sprechakten (vgl. S. 68) und bei „propositionalen Einstellungen“ (vgl. Abschnitt 4.3 von Teil 2).

Selbstverständlich ist eine Klärung des Zusammenhanges von Wahrheit, Sinn und Bezug nicht nur im Rahmen von Logik und Mathematik, sondern bei allen semantischen Fragen von zentraler Bedeutung. Was genau man dabei unter Wahrheit zu verstehen hat, ist ebenso strittig wie im Fall der Bedeutung (und viele Probleme ergeben sich gerade aus der Verbindung). Ich widerstehe der Versuchung, auch darauf näher einzugehen, und verweise auf die Literatur, z. B. Wolfgang KÜNNE (1991), Lorenz Bruno PUNTEL (1993), Gunnar SKIRBEKK (1977).

¹⁷⁷Nach Richard RORTY (1981, S. 284) war dieser Ursprung des *Linguistic turn* der Versuch, „durch die Umformulierung philosophischer Fragen in Fragen der Logik einen nicht-psychologistischen Empirismus hervorzubringen. Man glaubte, empiristische und phänomenalistische Lehren, statt als empirisch-psychologische Generalisierungen, nun als Resultate der ‚logischen Analyse der Sprache‘ ausdrücken zu können. Philosophische Thesen über die Natur und den Umfang des menschlichen Wissens (z. B. jene,

eine eigene, reale Existenzweise jenseits der materiellen Welt einerseits und der psychischen Welt des Bewußtseins andererseits hat. Ausgegangen wurde vielmehr von der These, daß der Sinn in einem mit empirischen und sprachlich-logischen Mitteln in eindeutiger Weise rekonstruierbaren, öffentlich überprüfbar *Wissen* besteht (genauer wurde angenommen, daß ein sprachlicher Ausdruck dann und *nur dann* sinnvoll ist, *wenn* das möglich ist). Von zentraler Bedeutung für diesen Ansatz ist dabei die scharfe Trennung zwischen *empirischer* und *analytischer* Wahrheit: ob eine Billardkugel rot ist, kann allein durch Beobachtungen geklärt werden, daß sie hingegen rund ist, ergibt sich schon daraus, daß sie eine Kugel ist. Durch empirische Beobachtungen auf der einen Seite und mit sprachlich-logischen Mitteln (Definitionen, Untersuchungen dazu, aus welchen Sätzen der Satz ableitbar ist und welche aus ihm) auf der anderen Seite läßt sich dann genau angeben, wie ein Satz (bzw. das durch ihn Ausgesagte) verifiziert werden kann: der Sinn eines Satzes (bzw. einer Proposition) ist die Methode seiner (bzw. ihrer) Verifikation.¹⁷⁸ Diese *Verifikationstheorie der Bedeutung* spielte in den vierziger bis sechziger Jahren eine recht bedeutende Rolle. Wegen der großen Probleme mit dem „empiristischen Sinnkriterium“ (vgl. Abschnitt 3.5 von Teil 2) wird sie heute in dieser Form allerdings kaum noch vertreten.

In seiner zweiten Lebenshälfte hat CARNAP – angeregt von den Arbeiten Alfred TARSKIS zum Wahrheitsbegriff in formalisierten Sprachen – einen neuen Ansatz für eine philosophische Semantik entwickelt.¹⁷⁹ Zum besseren Verständnis ist ein kurzer Blick auf die Semantik in der formalen Logik nötig. Als Beispiel dient die klassische (wahrheitsdefinite) Prädikatenlogik erster Stufe (PL1), eines der ersten erfolgreichen Beispiele für eine durch und durch formalisierte Sprache, d. h. für ein formales System mit einer semantischen Interpretation, die ihrerseits mit formalen Mitteln erfolgt.

Die PL1 ist eine „symbolische Deduktionsmaschine“: man möchte sich z. B. den Umgang mit logisch gültigen Schlüssen (Schlußweisen, bei denen bei wahren Prämissen die Wahrheit der Konklusion gesichert ist) dadurch erleichtern, daß man die dafür nötigen semantischen Untersuchungen zur logischen Wahrheit auf ein genau geregeltes Operieren mit graphischen Symbolen zurückführt (für den einfacheren Fall der Aussagenlogik vgl. oben die Kästen auf den Seiten 27 und 37 im Unterrichtsmodul 2). Entsprechend dieser intendierten Anwendung wird das formale System (die Syntax) aufgebaut. Als erstes werden die verwendeten Symbole des gewünschten Typs (für Gegenstandskonstanten und -variablen, ein- und mehrstellige Prädikate, Junktoren wie „und“, Quantoren wie „für alle . . .“, Hilfszeichen wie Klammern) und Bildungsregeln für die syntaktisch erlaubten Zeichenreihen angegeben. Dann werden Ableitungsregeln dafür definiert, wie sich aus bestimmten Zeichenreihen bestimmte weitere erzeugen lassen, d. h. durch diese Ableitungsregeln werden unter den syntaktisch erlaubten Zeichenreihen einige als in diesem Sinne *ableitbar* besonders ausgezeichnet.

die Kant bezüglich Gott, Freiheit und Unsterblichkeit aufgestellt hatte) konnten, allgemeiner gesagt, als Bemerkungen über die Sprache formuliert werden.“

¹⁷⁸Vgl. auch WITTGENSTEIN im *Tractatus* (4.024): „Einen Satz verstehen, heißt, wissen was der Fall ist, wenn er wahr ist.“ Die Mühen des Wiener Kreises (zu dem WITTGENSTEIN ein eher distanzierendes Verhältnis hatte) im Zusammenhang mit dem Verifikationsprinzip zielten allerdings mehr auf eine *Wissenschafts-* als auf eine Bedeutungstheorie. Später, nach der Einsicht, daß ein einzelner „wissenschaftlicher Satz nicht einfach als wahr oder falsch bezeichnet werden kann“, wurde es „deshalb durch die schwächere Forderung nach Bewährung ersetzt.“ (CARNAP, 1957, in einer Nachbemerkung zu *Die alte und die neue Logik* (1930), zitiert nach SKIRBEKK (1977), S. 88.)

¹⁷⁹*Meaning and Necessity*, Chicago 1947. Sehr hilfreich ist seine eigene Rückschau auf diesen Ansatz und das damit verfolgte Ziel (CARNAP (1993), S. 93 ff.)

Der (vereinfacht dargestellte¹⁸⁰) Aufbau der Semantik erfolgt nun durch eine *Interpretation* des Kalküls in Form bestimmter Zuordnungen zu einer *Grundmenge* von „Gegenständen“ (z. B. wir Menschen), die bestimmte Eigenschaften haben (z. B. schwarzhaarig, sterblich) bzw. zwischen denen bestimmte Relationen (z. B. Mutter von) definiert sind. Durch die Interpretation wird nun erstens jedem Symbol vom Typ Gegenstandskonstante aus dem Kalkül ein *Gegenstand* aus der Grundmenge und jedem Symbol vom Typ Prädikat eine *Menge* von Gegenständen (bzw. eine *Menge* geordneter Paare, Tripel usw.) zugeordnet. Weiter wird nun jeder syntaktisch erlaubten Zeichenreihe aus dem Kalkül einer der beiden Wahrheitswerte „wahr“ oder „falsch“ nach bestimmten Regeln zugeordnet. Einer nur aus einem Symbol vom Typ Prädikat und einem Gegenstandssymbol (bzw. mehreren) zusammengesetzten Zeichenreihe wird dabei „wahr“ zugeordnet, wenn der dem Symbol zugeordnete Gegenstand (bzw. das Paar, Tripel) Element der dem Symbol zugeordneten Menge ist, also im genannten Beispiel der Mensch tatsächlich schwarzhaarig ist¹⁸¹ (bzw. Mutter und Kind sind). Dann wird schrittweise den erlaubten Zeichenreihen, die Symbole für Junktoren und Quantoren enthalten, einer der beiden Wahrheitswerte zugeordnet. Beispielsweise wird einer Zeichenreihe der Form $A \wedge B$ (A und B sind Mitteilungszeichen für erlaubte Zeichenreihen) dann und nur dann „wahr“ zugeordnet, wenn sowohl A als auch B der Wert „wahr“ zugeordnet wird. Bei Zeichenreihen mit Symbolen für Quantoren ist die Sache etwas komplizierter, aber im einfachsten Fall erhält eine Zeichenreihe wie $\forall x S(x)$ genau dann den Wert „wahr“, wenn alle Gegenstände der Grundmenge auch Elemente der dem Symbol S zugeordneten Menge sind. Sterblich sind wir alle, aber das hat hier weiter nichts zu bedeuten: zur *logischen* Wahrheit stößt man erst vor, wenn man von solchen Details absieht. Genauer: eine Zeichenreihe des Kalküls ist genau dann *logisch wahr*, wenn ihr bei *allen* Interpretationen (d. h. beliebige Grundmenge mit beliebigen Teilmengen und Relationen) der Wahrheitswert „wahr“ zugeordnet wird.

Bisher haben die oben erwähnten Ableitungsregeln zur Auszeichnung spezieller Zeichenreihen überhaupt keine Rolle gespielt, die Semantik des Kalküls der PL1 wurde völlig unabhängig von diesen Regeln entwickelt. Der Clou dieses Vorgehens ist nun aber gerade, daß man – wenn man alles richtig macht und die Ableitungsregeln entsprechend wählt – beweisen kann, daß die semantische Definition der logischen Wahrheit genau der Ableitbarkeit der Zeichenreihen im Kalkül entspricht, d. h. eine Formel ist genau dann *logisch wahr*, wenn sie im Kalkül *ableitbar* ist (syntaktische und semantische Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit). Damit ist dann das eingangs genannte Ziel erreicht.

Die Entwicklung der PL1 durch FREGE, RUSSELL, WHITEHEAD und andere war von Anfang an eng verbunden mit der Mathematik und ihren Fundierungs- und Beweisproblemen. Unabhängig davon, ob man die Gegenstände der Mathematik nun mit PLATO als ideale Wesensheiten oder mit KANT als von der reinen Vernunft selbst konstruierte Begriffe

¹⁸⁰Es ist kaum möglich, eine sowohl allgemeinverständliche als auch korrekte und kurze Darstellung zu geben. Da es hier nur um das „Prinzip“ geht, verweise ich auf die einschlägige Literatur. Dabei gibt es allerdings viele Varianten, z. B. Bewertungs- statt Interpretationssemantiken. Unterschiede ergeben sich zum einen daraus, was als sprachliche Grundeinheit angesehen wird (ganze Sätze oder Nominatoren und Prädikate), zum anderen im Umgang mit unendlichen Mengen (z. B. daß es nach bestimmten Auffassungen Mengen mit überabzählbar vielen Gegenständen, aber nur abzählbar viele Symbole gibt). Für an Details Interessierte findet sich eine Übersicht über die Varianten bei Wolfgang STEGMÜLLER & Matthias VARGA VON KIBÉD (1984), S. 205 ff.

¹⁸¹Genau hier kommt die berühmte Wahrheitsbedingung von TARSKI zur Anwendung: „Der Schnee ist weiß“ ist wahr, wenn und nur wenn der Schnee weiß ist. Vgl. dazu CARNAP (1993), S. 93 ff., und PUTNAM (1991), S. 120 ff.

ansieht, in beiden Fällen ist man von so lästigen Dingen wie Mehrdeutigkeiten und Situationsabhängigkeit befreit. Entsprechend eindeutig und überschaubar ist die Semantik der PL1. Man hat es nur mit Gegenständen wie Zahlen und deren Mengen zu tun, d. h. mit Bedeutungen_{ISF} (es handelt sich, wie man auch sagt, um eine reine *Referenzsemantik*), und durch den parallelen, schrittweise aus den kleinsten Einheiten erfolgenden Aufbau der Syntax und Semantik gilt uneingeschränkt das Kompositionalitätsprinzip.¹⁸² Wegen dieser Eigenschaften wird die PL1 trotz einiger Probleme (s. o. den Kommentar zur Aussagenlogik im Abschnitt 4 vom Unterrichtsmodul 2) in vielen Wissenschaften eingesetzt, nicht nur in der Mathematik und Informatik, auch in der Sprachphilosophie und Linguistik; auf ihr bauen auch alle weiteren Versuche auf, die Semantik der natürlichen Sprache zu formalisieren (s. u. S. 134 ff.).¹⁸³

Am Beispiel der PL1 sollte verdeutlicht werden, was man unter Semantik im Bereich der formalen Logik versteht: eine, auf Modelltheorie und Mengenlehre gestützte, allgemeine Theorie zur Interpretation formaler Systeme im Hinblick auf logisch-semantische Begriffe wie „Wahrheit“ und „Folgerung“.¹⁸⁴ Nach TARSKI hat auch CARNAP selbst viel zur Entwicklung dieser allgemeinen und „reinen“ Semantik beliebiger formaler Sprachen beigetragen, er hat aber in seinem Selbstverständnis als *Wissenschaftsphilosoph* auch nie deren tatsächliche Anwendbarkeit für Probleme der empirischen Wissenschaften aus dem Auge verloren. Als strikter Empirist knüpfte er an die klare Trennung in Vorstellungsbeziehungen einerseits und Tatsachen andererseits bei HUME an (vgl. Abschnitt 2.4 von Teil 2), im *logischen* Empirismus mit den Rationalisten gegen HUME verstanden als strikte Trennung zwischen logischen Wahrheiten und Tatsachenwahrheiten, in die analytischen, *notwendigen*¹⁸⁵ Wahrheiten der Logik und Mathematik, die nicht auf Erfahrung gründen und einer Bestätigung durch Beobachtungen nicht bedürfen, und *zufälligen* Tatsachen. In diesem Rahmen verstand CARNAP seine Arbeiten zur Syntax und Semantik formaler Sprachen als Vorschläge zum Aufbau einer Metasprache zur Analyse der Wissenschaftssprache.

Vor diesem Hintergrund ist denn auch sein Vorschlag für die Weiterentwicklung einer *philosophischen*, nicht bloß logischen Semantik zu verstehen, für eine Semantik, die sich dem bei FREGE offen gebliebenen Problem nähert, wann zwei Ausdrücke denselben bzw. einen unterschiedlichen Sinn haben, also synonym sind (nach seinem Verständnis bedeutet

¹⁸²Wie problematisch das bei natürlichen Sprachen ist, sieht man schon an idiomatischen Wendungen wie „ins Gras beißen“ und bei Metaphern. Andererseits ist das Kompositionalitätsprinzip den Philosophen, Linguisten und Psychologen lieb und teuer, weil seine Annahme die beste Erklärung für das von CHOMSKY nachdrücklich betonte Phänomen ist, daß wir auch Sätze verstehen, die nie vorher gebildet wurden (vgl. den Kommentar oben im Abschnitt 5).

¹⁸³„Die Mathematik gibt das glänzendste Beispiel einer sich ohne Beihilfe der Erfahrung von selbst glücklich erweiternden Vernunft. Beispiele sind ansteckend ... Das große Glück, welches die Vernunft vermittelt der Mathematik macht, bringt ganz natürlicherweise die Vermutung zuwege, daß es, wo nicht ihr selbst, doch ihrer Methode auch außer dem Felde der Größen gelingen werde, indem sie alle ihre Begriffe auf Anschauungen bringt, die sie *a priori* geben kann, und wodurch sie, so zu reden, Meister über die Natur wird; ... Auch scheint es den Meistern in dieser Kunst an dieser Zuversicht zu sich selbst ... gar nicht zu fehlen. Denn da sie kaum jemals über ihre Mathematik philosophiert haben (ein schweres Geschäft!), so kommt ihnen der spezifische Unterschied des einen Vernunftgebrauchs von dem anderen gar nicht in Sinn und Gedanken.“ (KANT, *Kritik der reinen Vernunft*, B 740, 752 f.)

¹⁸⁴Allerdings: „Modelle sind nicht noumenale Findelkinder, die nach jemandem suchen, der sie benennt; sie sind Konstrukte innerhalb unserer Theorie selbst, und sie haben Namen von Geburt an.“ (Hilary PUTNAM (1995a), S. 129.)

¹⁸⁵Gegen diese traditionelle Gleichsetzung von „analytisch“ und „notwendig“ gibt es Einwände, vgl. Wolfgang KÜNNE (1983), S. 221 ff.

das, über Tatsachen und die empirisch gegebenen Ausdrücke einer Sprache in *derselben* Metasprache zu sprechen). Zunächst einmal unterschied er, terminologisch und sachlich ein wenig anders als FREGE,¹⁸⁶ zwischen der *Intension* eines Prädikats und seiner *Extension*, der Menge der Gegenstände, auf die es zutrifft (in traditioneller Ausdrucksweise *Begriffsinhalt* und *Begriffsumfang*). Die Ausdrücke „Lebewesen mit Herz“ und „Lebewesen mit Nieren“ haben, so weit wir wissen, dieselbe Extension. Aber das ist im gewissen Sinne bloß zufällig so, es könnte wohl auch Lebewesen mit einem Herz geben, bei denen die Funktion der Nieren anders realisiert wäre. Ganz anders bei „Erpel“ und „männliche Ente“: hier hängt die Gleichheit der Extension nicht von empirischen Zufälligkeiten ab, sondern von den Regeln der *Sprache* (die ihrerseits im gewissen Sinne historisch gewachsen und zufällig sind, aber das ist für CARNAP ein *anderes* Problem¹⁸⁷). Ich kann schlicht nicht *sagen*, daß es Erpel gibt, die nicht männliche Enten sind, ohne gegen diese Regeln zu verstoßen, die Extensionsgleichheit ist in diesem Sinne *notwendig*. Entsprechend definiert CARNAP: zwei Prädikate haben genau dann dieselbe Intension (sie sind synonym), wenn ihre Extensionen notwendigerweise gleich sind (bei Sätzen ihre Wahrheitswerte).

Mit der Notwendigkeit als zentralem Begriff gerät man in ein schwieriges Gebiet, in das der *nicht-extensionalen Kontexte*. Das oben bei FREGE erwähnte Substitutionsprinzip besagt, daß sich die Extension (Bedeutung_{ISF}) eines Ausdrucks (bei Sätzen ihr Wahrheitswert) nicht ändert, wenn in ihm ein Teilausdruck durch einen anderen mit derselben Extension (Bedeutung_{ISF}) ersetzt wird. Das gilt nun aber für Modalsätze der Art „Es ist notwendig, daß ...“, „Es ist möglich, daß ...“, „Es ist unmöglich, daß ...“ nicht, wie man leicht sieht, wenn z. B. im ersten Satz nach dem „daß“ die Gleichung $5 + 7 = 12$ steht und dann „12“ durch „die Anzahl der Apostel“ ersetzt wird. Solche Kontexte, bei denen die Ersetzung eines Ausdrucks durch einen extensionsgleichen nicht immer „unschädlich“ ist, gibt es viele, z. B. auch die indirekte Rede und Kausal- und Zeitverhältnisse.¹⁸⁸ Besonders unübersichtlich sind die Verhältnisse in Kontexten des Wissens und des Glaubens. Während bei modalen Kontexten (per Konstruktion) wenigstens die Ersetzung durch intensionsgleiche Ausdrücke „unschädlich“ ist, gilt das hier nicht:¹⁸⁹ was ich über männliche Enten glaube, muß nicht für Erpel gelten, und wenn ich weiß, daß 100 durch 20 teilbar ist, muß ich das nicht auch für die Summe der dritten Potenzen der ersten vier natürlichen Zahlen wissen. Andererseits hat Sprachverstehen viel damit zu tun, daß man in einer bestimmten Situation glaubt, eine andere weiß was, oder daß man weiß, ein anderer glaubt

¹⁸⁶FREGE faßte Begriffe als unvollständige Ausdrücke der Art „... ist rot“ auf, d. h. als eine *Funktion*, deren Wert ein Wahrheitswert ist. Mit der Terminologie *extensional* und *intensional* schließt sich CARNAP WHITEHEAD und RUSSELL an (die im Kapitel III, 2. Abschnitt, der Einleitung der *Principia Mathematica* (1910) im Zusammenhang mit der Existenz von Klassen ähnliche Probleme behandeln). Die Extension eines Namens ist dann ganz entsprechend der bezeichnete Gegenstand, die eines Satzes (oder einer Proposition) der Wahrheitswert.

¹⁸⁷CARNAPS Ansatz bezieht sich also auf kontingente Tatsachen einerseits und auf analytische (bzw. notwendige) Wahrheiten relativ zu einer *gegebenen* Sprache andererseits. Dafür, welche Probleme sich damit lösen lassen und, vor allem, welche nicht, vgl. Hilary PUTNAM (1991), speziell S. 121 ff.

¹⁸⁸Satzverknüpfungen mit „weil“ und „während“ sind nicht wahrheitsfunktional, da sie insgesamt wahr oder falsch sein können, obwohl beide Teilsätze jeweils wahr sind (vgl. dazu bei den Unterrichtsmaterialien das Skript *Einführung in die Aussagenlogik*, Abschnitt 2).

¹⁸⁹CARNAP unterschied deshalb noch zwischen *intensionalen* und *nicht-intensionalen* Kontexten (vgl. dazu KUTSCHERA (1975), S. 66 ff.), häufig werden aber auch alle als intensional bezeichnet, die nicht extensional sind. Ein wichtiger Unterschied ist jedenfalls, daß die „Semantik der möglichen Welten“ (s. u.) nur für intensionale Kontexte im engeren Sinne (also nicht in epistemischen Kontexten) ein brauchbarer Ansatz ist. Das war auch ein wesentlicher Grund für die Entwicklung der „Situationssemantik“ durch Jon BARWISE & John PERRY (1987); mehr dazu unten S. 142.

was, und zwar auch etwas darüber, was man selbst glaubt und weiß usw. usf. (dazu mehr im Abschnitt 11), und eine einigermaßen befriedigende, universelle epistemische Logik ist nicht in Sicht.

CARNAPS Ansatz einer gemeinsamen Metasprache für das Sprechen über Tatsachen und das Sprechen über eine Sprache erfordert nun einen geregelten Umgang mit dem Begriff der Notwendigkeit, also eine (intensionale) *Modallogik* mit einer Semantik, die über die der rein extensionalen Prädikatenlogik hinausgeht. „Lebewesen mit Herz“ und „Lebewesen mit Nieren“ haben nicht dieselbe Intension, weil die Evolution auch anders hätte verlaufen können und wir (oder wer und welche Logiker und Sprachphilosophen auch immer) dann in einer anderen Welt leben würden. Deshalb knüpfte CARNAP zum einen an die Auffassung von LEIBNIZ an, daß eine notwendige Wahrheit dadurch gekennzeichnet ist, daß sie in jeder möglichen Welt gilt, zum anderen an WITTGENSTEINS Definition der logischen Wahrheit als eine, die für alle möglichen Wahrheitswertverteilungen gilt.¹⁹⁰ Mit diesem Grundgedanken, daß zwei sprachliche Ausdrücke dieselbe Intension haben, wenn sie in allen möglichen Welten dieselbe Extension, bei Sätzen also denselben Wahrheitswert haben, konzipierte CARNAP eine „Semantik der möglichen Welten“, die durch KRIPKE, MONTAGUE und andere zu einem Standardinstrument der Semantik in der Analytischen Philosophie entwickelt wurde.¹⁹¹

Andere Richtungen in der Philosophie sehen das selbstverständlich anders, sie sind eher skeptisch bis ablehnend gegenüber der These, daß sich mit solchen Arbeiten zu einer formalen Fassung der philosophischen Semantik wesentliche Ergebnisse in der Sprachphilosophie und insbesondere zur Fixierung der „Bedeutung“ sprachlicher Ausdrücke gewinnen lassen. Im Rahmen des Themas dieses Heftes sollte man allerdings deutlich sehen, daß CARNAP einen großen Einfluß auf die Entwicklung der Philosophie und Logik in den sechziger und siebziger Jahren in den USA hatte (und damit indirekt auch auf die fachkulturelle Sozialisation der durch John MCCARTHY, einem der wichtigsten Pioniere der KI, inspirierten Vertreter der „logizistischen“ Richtung in der KI¹⁹²). Es gibt aber auch gewichtige Einwände von Seiten derer, die CARNAPS dem Empirismus und der Logik verpflichteten, sprachanalytischen Grundansatz mit ihm teilen oder teilten:

- Für den späteren WITTGENSTEIN ist die Annahme unsinnig, daß es immer ein Etwas

¹⁹⁰ „Das Bestehen und Nichtbestehen von Sachverhalten ist die Wirklichkeit. . . . Die Wahrheitsbedingungen bestimmen den Spielraum, der den Tatsachen durch den Satz gelassen wird. . . . Die Tautologie läßt der Wirklichkeit den ganzen – unendlichen – logischen Raum“ (*Tractatus*, 2.06, 4.463).

¹⁹¹ Wenn die Intension eines sprachlichen Ausdrucks als Funktion definiert wird, die jeder möglichen Welt die Extension des Ausdrucks in dieser Welt als Wert zuordnet, ist sie umgekehrt auch durch die Extensionen in den möglichen Welten eindeutig bestimmt. Im Zusammenhang mit dieser Präzisierung einer „realistischen“ Semantik durch KRIPKE und MONTAGUE steht auch die neubelebte Diskussion über die sogenannte Extensionalitätsthese, nach der sich die Rede über Intensionen auf die über Extensionen zurückführen läßt, also zur logischen Analyse sprachlicher Ausdrücke Extensionen hinreichend sind, bzw. nach der Eigenschaften schon dann identisch sind, wenn dieselben Gegenstände sie haben. Letzteres hat CARNAP in seinem Frühwerk vertreten (vgl. den Abschnitt 3.5 von Teil 2), dann aber aufgegeben, was zu seinem Neuansatz führte. Offen bleibt in jedem Falle, wie es denn (nicht mit den komplexen Verzweigungen der Mengenlehre und Modelltheorie vertrauten) Sprechern gelingen kann, die so definierte Intension auch zu erfassen; vgl. dazu PUTNAM (1979), S. 85 ff.

¹⁹² Vgl. z. B. Michael R. GENESERETH & Nils J. NILSSON (1989), zur Verwendung nicht-extensionaler Logiken in epistemischen Bereichen insbesondere Kapitel 9. Mehr zur „logizistischen“ Richtung der KI oben S. 32 ff. Andere in der KI, z. B. Marvin MINSKY und Roger C. SCHANK (s. u. S. 126 ff.) lehnen diesen Ansatz entschieden ab und orientieren sich mehr an der kognitiven Psychologie oder an der Neurobiologie (vgl. auch SCHANKS Unterscheidung in *neats* und *scruffies* unten in der Anmerkung auf S. 133).

gebe, das den sprachlichen Ausdrücken als „Bedeutung“ zugeordnet sei; etwas, seien es Gegenstände, geistige Inhalte oder abstrakte Begriffe, das man kennen müsse und das so den richtigen Gebrauch der Ausdrücke bestimme. Eine solche Suche nach der Essenz, dem Wesen der Bedeutung müsse fehlschlagen, weil schon die Frage falsch gestellt sei. Verführt werden wir zu dieser Suche durch eine „Hauptursache philosophischer Krankheiten – einseitige Diät: man nährt sein Denken mit nur einer Art von Beispielen.“ Dieser Verengung des Blicks durch die im Anschluß an FREGE auch von ihm selbst im *Tractatus* vollzogene Konzentration auf den einzelnen, *beschreibenden* Satz und seine Wahrheitsbedingungen als grundlegende Analyseeinheit stellt er nun die tatsächliche Praxis der unzähligen, situativ mit sprachlichen und nichtsprachlichen Kontexten und Lebensformen unlösbar verbundenen *Sprachspiele* gegenüber (vgl. auch oben den Kommentar im Abschnitt 9). Wenn man die Bedeutung verstehen will, muß man untersuchen, wie die Worte und Sätze dabei verwendet werden, die Art und Weise des Gebrauchs nach den jeweiligen, in der Sprachgemeinschaft geltenden Regeln: *nicht die Bedeutung bestimmt den Gebrauch, sondern der Gebrauch bestimmt die Bedeutung* (ähnlich, wie man die „Bedeutung“ einer Schachfigur verstanden hat, wenn man gelernt hat, welche Züge man mit ihr machen kann und was das zum „Witz“ des Spiels beiträgt). Dabei wird man auch Abschied nehmen von der Vorstellung, daß allen Dingen, für die wir ein Wort wie „Stuhl“, „Zahl“, „Spiel“ verwenden, etwas gemeinsam ist (schon gar nicht eine Liste mit einzeln notwendigen und insgesamt hinreichenden Merkmalen), es gibt häufig nur „Familienähnlichkeiten“ mit einem Geflecht übergreifender und sich kreuzender Merkmale (man kann mit einem Beispiel anfangen, dann zu einem mit kleinen Unterschieden übergehen und zuletzt bei einem landen, das kein gemeinsames Merkmal mehr mit dem ersten hat). Und das gilt auch für die Sprachspiele selbst: „Statt etwas anzugeben, was allem, was wir Sprache nennen, gemeinsam ist,“ sagt er, „es ist diesen Erscheinungen garnicht Eines gemeinsam, weswegen wir für alle das gleiche Wort verwenden, – sondern sie sind mit einander in vielen verschiedenen Weisen *verwandt*.“ Als Konsequenz daraus ist die Bedeutung auch nicht ein spezielles *Wissen*, das man als solches analysieren und rekonstruieren könnte (man kann auch etwas wissen, z. B. wie eine Klarinette klingt, ohne es zugleich *beschreiben* zu können), sondern eher ein situations- und regelgerechtes *Können*: Mitteilungen machen, Befehle geben usw. „sind *Gepflogenheiten* (Gebräuche, Institutionen). Einen Satz verstehen, heißt, eine Sprache verstehen. Eine Sprache verstehen, heißt, eine Technik beherrschen.“¹⁹³

- QUINE hat mit großem Erfolg „zwei Dogmen des Empirismus“ angegriffen. Erstens den *Reduktionismus*, den – insbesondere im Logischen Empirismus (vgl. den Abschnitt 3.5 von Teil 2) verbreiteten – Glauben, „daß jede sinnvolle Aussage äquivalent einem logischen Konstrukt aus Termen sei, die auf unmittelbare Erfahrung referieren.“ Im engen Zusammenhang damit steht das zweite Dogma, nämlich „der Glaube an eine grundlegende Kluft zwischen einerseits *analytischen* Wahrheiten, die auf Bedeutungen beruhen und unabhängig von Tatsachen sind, und *synthetischen*, auf Tatsachen beruhenden Wahrheiten andererseits.“ Den zur Identifizierung von Bedeutungen (Intensionen, Propositionen) grundlegenden Begriff der (kognitiven) Synonymie kann man, wie oben gezeigt, dadurch definieren, daß man beispielsweise sagt, „Junggeselle“ und „unverheirateter Mann“ sind synonym, weil die Aussage „Alle und nur Junggesellen sind unverheiratete Männer“ notwendig wahr, also in

¹⁹³ *Philosophische Untersuchungen*, §§ 593, 65 ff., 199.

diesem Sinne analytisch ist. Damit wird Synonymie durch Analytizität erklärt, und man gerät in einen Zirkel, wenn letzteres wieder unter Berufung auf Bedeutungen und ihre Gleichheit erklärt wird. Eine genauere Analyse zeigt für QUINE, daß es unmöglich ist, analytische und empirische Wahrheit klar gegeneinander abzugrenzen (z. B. bei „Hunde sind Tiere“ oder „Eltern haben Eltern“); es handelt sich um einen *graduellen* Unterschied, bei dem es eine große Nähe zu einem der Pole (z. B. „Jedes Ding hat entweder eine bestimmte Eigenschaft, oder es hat sie nicht“ und „In Hamburg gibt es mehr Schiffe als in München“), aber keine klare Trennung geben kann. Sprachliches und empirisches Wissen bilden also ein untrennbares Geflecht, eine Art Gesamtheorie der Alltagswelt „zur Vorhersage künftiger Erfahrung aufgrund vergangener Erfahrung.“ Die Situation ist aus der Wissenschaftstheorie wohlvertraut. Auch hier läßt sich bei „theoretischen Begriffen“ wie „Elektron“ oder „Gen“ kaum trennen, was bei ihrer Konstituierung der jeweiligen Theorie oder der bloßen Beobachtung geschuldet ist. Und durch ein Experiment wird nie nur eine einzelne, isolierte Hypothese überprüft, sondern genaugenommen das ganze Bündel aus Theorie, Randbedingungen und Hypothesen. Dies „gesamte Feld ist so sehr durch seine Randbedingungen, durch die Erfahrung unterdeterminiert, daß wir eine breite Auswahl haben, welche Aussagen wir angesichts einer beliebigen individuellen dem System zuwiderlaufenden Erfahrung neu bewerten wollen.“¹⁹⁴

Wenn man nun „mit dem alten Empiristen“ PEIRCE der Meinung ist, „daß die wirkliche Bedeutung einer Aussage in dem Unterschied besteht, den ihre Wahrheit für mögliche Erfahrungen ausmachen würde“, und mit DUHEM, „daß Beobachtungen nicht für oder gegen einzelne theoretische Sätze, sondern nur für oder gegen größere Stücke einer Theorie sprechen, so ist die Unbestimmtheit in der Übersetzung theoretischer Sätze die natürliche Schlußfolgerung.“ Das gilt auch im Falle der natürlichen Sprache, denn unsere Sprache ist wie jede andere voll von „theoretischen“ Ausdrücken wie „Vernunft“, „Verstand“, „Liebe“, „Gerechtigkeit“, für die es weder eine exakte Definition noch die Möglichkeit einer Erklärung durch eine Zeigegeste gibt. Es kann dann nicht gelingen, solche Ausdrücke in eindeutiger Weise in eine andere Sprache zu übersetzen (auch nicht in eine formalisierte). Daraus ergibt sich, „daß der Bedeutungsbegriff auf einzelne Sätze nicht mehr klar anwendbar ist,“ „sie werden nur in mehr oder weniger umfassenden Gesamtheiten vor das Tribunal der Beobachtungen gestellt.“ Mit dieser holistischen Sicht entfällt aber auch die Möglichkeit, Bedeutungen im Sinne von Intensionen und Propositionen (wenn schon nicht mit Hilfe des Begriffs der Analytizität) als Abstraktionen aus synonymen Ausdrücken unterschiedlicher Sprachen zu identifizieren. Nach dem Motto „keine Entität ohne Identität“ plädiert QUINE dafür, auf Intensionen und Propositionen, die er für obskure vermittelnde Entitäten in der Tradition der „Ideen“ von LOCKE hält, ganz zu verzichten: „Ist diese Schlußfolgerung erst einmal erfaßt, so ist damit umgekehrt das Schicksal jedes allgemeinen Begriffs der propositionalen Bedeutung oder des Sachverhaltes, was dasselbe ist, besiegelt.“¹⁹⁵

¹⁹⁴Willard van Orman QUINE (1979), S. 27, 48, 47. Donald DAVIDSON (1986c, S. 270) hat den zwei Dogmen des Empirismus ein drittes hinzugefügt, den „Dualismus von Schema und Inhalt, von ordnendem System und etwas, was darauf wartet, geordnet zu werden“. Es ist „vielleicht das letzte, denn wenn wir dieses Dogma fallenlassen, ist nicht klar, ob überhaupt noch etwas Spezifisches übrigbleibt, was Empirismus zu nennen ist.“

¹⁹⁵QUINE (1975), S. 109, 112, 124. „Sprache ist eine soziale Kunstfertigkeit, die wir allein auf der Grundlage des beobachtbaren Verhaltens anderer Menschen unter öffentlich erkennbaren Umständen erwerben. So

- Nach PUTNAM gehen alle traditionellen Bedeutungstheorien – egal, ob Bedeutungen als mentale (LOCKE), platonische (FREGE) oder öffentlich rekonstruierbare abstrakte Entitäten (CARNAP) aufgefaßt werden – implizit oder ausdrücklich von zwei zentralen Annahmen aus: (I) Das *Verstehen* eines sprachlichen Ausdrucks besteht in einem spezifischen psychischen Zustand, in einem impliziten oder expliziten individuellen Wissen, wodurch die Bedeutung (Intension, Sinn) eindeutig festgelegt ist (d. h. aus der Gleichheit des Wissens folgt Bedeutungsgleichheit, und bei unterschiedlichen Bedeutungen muß im Falle des Verstehens das Wissen unterschiedlich sein). „(II) Die Bedeutung eines Ausdrucks (im Sinne von ‚Intension‘) bestimmt seine Extension (d. h. aus Intensionsgleichheit folgt Extensionsgleichheit“, und bei unterschiedlichen Extensionen muß die Intension verschieden sein). Zusammengekommen besagen beide Annahmen, daß durch den psychischen Zustand einer Person (der Spitze im semiotischen Dreieck, vgl. oben S. 96) die Extension eines von ihr verstandenen sprachlichen Ausdrucks bestimmt wird (die gestrichelte Linie), also Bedeutungen gleichsam „im Kopf“ sind. PUTNAM zeigt dagegen, „daß die Extension eines Ausdrucks nicht durch einen Begriff festgelegt ist, den der einzelne Sprecher im Kopf hat, und zwar aus zwei Gründen: Zum einen ist die Extension im allgemeinen *sozial* bestimmt, sprachliche Arbeit wird ebenso geteilt wie handfeste Arbeit; und zum anderen ist die Extension, partiell wenigstens, *indexikalisch* bestimmt. Die Extension unserer Ausdrücke hängt von der wirklichen Natur derjenigen Dinge ab, die als Paradigmen dienen, und diese wirkliche Natur ist dem Sprecher im allgemeinen nicht zur Gänze bekannt.“¹⁹⁶

Das Prinzip der *sprachlichen Arbeitsteilung* wird beispielsweise daran deutlich, daß wir alle recht verständig über Gold reden können, aber kaum jemand imstande ist, echtes Gold sicher zu identifizieren. Was zum Verständnis nötig ist, ist die Kenntnis eines in der Sprachgemeinschaft üblichen *Stereotyps* (etwa: es ist ein Metall, gelb, schwer und wertvoll, wichtig für Währungen und als Statussymbol . . .) und das Wissen, daß es Experten gibt, die sicher feststellen können, ob etwas Gold ist; das Stereotyp muß dafür keine exakten Kriterien beinhalten, ja es muß nicht einmal *wahr* sein (reines Gold, ohne Beimischung von Kupfer, ist nicht gelb). „Die Dinge, die üblicherweise mit einem allgemeinen Namen verknüpft werden – notwendige und hinreichende Bedingungen für die Zugehörigkeit zur Extension, Methoden festzustellen, ob etwas zur Extension gehört (Kriterien), etc. – sind alle in der Sprachgemeinschaft *als Kollektiv betrachtet* zu finden; nur teilt sich dieses Kollektiv die ‚Arbeit‘ auf, die verschiedenen Teile der Bedeutung von ‚Gold‘ zu beherrschen und anzuwenden.“ Weiter wäre eine „Zwillingserde“ denkbar, ein Planet, auf dem auch in einem Land Deutsch gesprochen wird und auf dem etwas genau dieselbe Rolle spielt wie hier Gold und entsprechend dasselbe Stereotyp vorhanden ist, aber eine andere physikalisch-chemische Mikrostruktur hat als „unser“ Gold. Wenn man dann ein paar Hundert Jahre zurückgeht, wären auch die jeweiligen Experten der Sprachgemeinschaft nicht in der Lage, den Unterschied (der Extension) festzustellen (z. B. steht der Ausdruck „Jade“ für „zwei Mineralien: Jadeit“, „eine Verbindung aus

landen Bedeutungen, jene Prototypen geistiger Entitäten, als Getreide in der Mühle der Behavioristen.“ Und als Zeugen für diesen radikal empiristisch-pragmatischen Ansatz zitiert er DEWEY: „Bedeutung . . . ist keine psychische Existenz; es ist primär eine Eigenschaft des Verhaltens“ (a. a. O. S. 41).

Zur ausführlicheren Begründung seiner These von der Unbestimmtheit (nicht nur Unterbestimmtheit) der Übersetzung vgl. QUINE (1980), §§ 7 ff.

¹⁹⁶Hilary PUTNAM (1979), S. 27 und 62.

Aluminium und Natrium“, und „Nephrit“, „Kalzium, Magnesium und Eisen“; oder Krankheiten können dasselbe Bündel von Symptomen, aber eine andere Ätiologie haben). Es ist lange bekannt, „daß Wörter wie ‚jetzt‘, ‚dies‘ oder ‚hier‘ *indexikalisch* oder *verwendungsrelativ* sind, d. h. in verschiedenen Kontexten oder bei verschiedenen Verwendungen verschiedene Extension haben.“ Eine genauere Analyse der oben genannten Beispiele zeigt aber nun, daß weit mehr Ausdrücke einen indexikalischen Charakter haben. Sein Fazit: „Die sprachliche Arbeitsteilung zu vernachlässigen, heißt, die soziale Dimension der Erkenntnis zu vernachlässigen; und zu vernachlässigen, was wir die Indexikalität von Wörtern genannt haben, heißt den Beitrag der Umwelt zu vernachlässigen. Die traditionelle Sprachphilosophie, wie die traditionelle Philosophie weithin, hat die Welt und die anderen Menschen übergangen; eine bessere Sprachphilosophie und eine bessere Sprachwissenschaft muß beides einbeziehen.“¹⁹⁷

Nach dieser Analyse muß mindestens eine der beiden o. g. Annahmen (I) und (II) aufgegeben werden. PUTNAM plädiert dafür, die erste zu verwerfen und die zweite beizubehalten (schließlich wurden Intensionen gerade deshalb eingeführt, um Differenzierungen auch dann zu ermöglichen, wenn die Extensionen gleich sind). Sein Vorschlag ist dann, die Bedeutung eines Wortes als „Vektor“ zu beschreiben, dessen Komponenten mindestens folgendes enthalten sollten: „(1) die syntaktischen Marker wie z. B. ‚Substantiv‘, die dieses Wort kennzeichnen, (2) die semantischen Marker wie z. B. ‚Tier‘ oder ‚Zeitdauer‘, die dieses Wort kennzeichnen, (3) eine Beschreibung der weiteren Merkmale des zugehörigen Stereotyps, soweit vorhanden, (4) eine Beschreibung der Extension.“ Entscheidend ist dabei, daß nur die ersten drei Komponenten eine Hypothese über die individuelle Kompetenz des Sprechers beinhalten. Damit teilt sich das traditionelle Bedeutungsproblem in zwei Probleme, nämlich erstens, „*wie sich die Extension bestimmt*“ (hier müssen die sprachliche Arbeitsteilung und der Stand der Wissenschaften berücksichtigt und eine Art kausaler Referenztheorie entwickelt werden), und zweitens, „*die individuelle Kompetenz zu beschreiben*“ (dazu gehören die Vorstellungen und Fähigkeiten, die es den Sprechern ermöglichen, beim Gebrauch der Sprache den jeweiligen Part bei der sprachlichen Arbeitsteilung zu spielen).¹⁹⁸

Nach langem Ringen mit diesen Problemen hat sich PUTNAM völlig von der *Korrespondenztheorie der Wahrheit* („(a) Aussagen entsprechen Sachverhalten, sie sind wahr, wenn

¹⁹⁷A. a. O., S. 38, 56, 46 und 97 f.

¹⁹⁸A. a. O., S. 94 und 63 f. Diese zweifache Akzentuierung des Bedeutungsproblems wirft auch ein Licht auf das Phänomen, daß zwei der einflußreichsten (sprach-) philosophischen Werke dieses Jahrhunderts sich bis zur Unvergleichbarkeit mit vordergründig ganz unterschiedlichen Themen beschäftigen: Verstehen und Sprachgebrauch (WITTGENSTEINS *Philosophische Untersuchungen*) einerseits, Referenz und Wahrheit (QUINES *Word and Object*) andererseits. Möglicherweise lassen sich gute Gebrauchsbeschreibungen für diverse Sprachspiele geben, ohne über die Probleme der Referenz und Wahrheit zu sprechen (so wie auch gute Gebrauchsanleitungen für Fernseher möglich sind, ohne über Elektronen und elektromagnetische Wellen zu reden), aber diese Trennung ist kaum noch möglich, wenn man auch den *Erfolg* der Gebrauchsbeschreibung erklären will (vgl. dazu auch Wolfgang STEGMÜLLER (1979), S. 414 ff.). Letzteres und damit die Verbindung beider Themen ist ein zentrales Anliegen von PUTNAM. So sieht er bei den beiden Fragen „Wie ‚hängt‘ die Sprache an der Welt“ (von der ein großer Teil der angelsächsischen Philosophen in der Tradition der analytischen Philosophie „hypnotisiert“ ist) und „Wie hängen Texte mit anderen Texten zusammen“ (von der ein großer Teil der gegenwärtigen französischen Philosophen „hypnotisiert“ ist) trotz großer „Unterschiede im Stil tiefgehende Affinitäten“ und konstatiert, „daß bei diesem Streit beide Seiten allzu vereinfachten Vorstellungen erliegen“ (PUTNAM (1993d), S. 203).

der entsprechende Sachverhalt besteht, und falsch, wenn er nicht besteht. (b) Unser *Verstehen* einer Aussage besteht in unserem Wissen, welcher Sachverhalt ihr entspricht.“), von der Vorstellung einer sprach- und theorieunabhängig bestehenden Außenwelt und der damit verbundenen realistischen und wahrheitsfunktionalen Semantik abgewandt, weil dafür eine Sicht mit den Augen Gottes nötig wäre. Nun vertritt er einen (theorie-) „internen“, pragmatischen Realismus, den er andererseits auch gegen relativistische Positionen abgrenzt, einen „Realismus, der den Unterschied zwischen ‚ p ‘ und ‚Ich meine, daß p ‘ anerkennt, zwischen *recht* haben und bloßem Meinem, man habe recht, ohne diese Objektivität entweder in transzendentaler Entsprechung oder im bloßen Konsens zu lokalisieren.“ Gegen alle reduktionistischen Versuche wendet er ein, „daß das, was wir uns aneignen, kein Wissen ist, was so angewendet werden könnte, als wäre es ein Algorithmus. Die Unmöglichkeit, die Bedingungen der Behauptbarkeit für beliebige Sätze zu formalisieren, ist eben die Unmöglichkeit, menschliche Rationalität selbst zu formalisieren.“¹⁹⁹

Angesichts der auf den letzten Seiten angedeuteten Probleme – eine Vielzahl ganz unterschiedlicher Sprachspiele, Holismus und kaum trennbare Vermischung der Bedeutung mit Annahmen und Wissen über die Welt, individuelle Kompetenz und soziale Dimension, Verhältnis zur Umwelt – und der komplexen Zusammenhänge, in denen sie stehen, stellt sich die Frage, was genau eine philosophische Semantik im Sinne einer Bedeutungstheorie leisten soll und leisten kann. Im Gefolge der analytischen Philosophie – die im Rahmen dieser Schrift deshalb so ausführlich behandelt wird, weil bei ihr zumindest der Anspruch besteht, wesentliche Aspekte der Semantik und Pragmatik mit formalen Mitteln darstellen zu können – wird die Diskussion der letzten Jahre weitgehend durch die Kontroverse um einen recht eingegrenzten Vorschlag von Donald DAVIDSON und einen viel weitergehenden von Michael DUMMETT bestimmt. Beide knüpfen an den Gedanken FREGES an, daß eine Person die Bedeutung bzw. den Sinn eines Satzes versteht, wenn sie weiß, unter welchen Bedingungen und Umständen der Satz wahr ist. DAVIDSON sieht die Aufgabe der Entwicklung einer Bedeutungstheorie dann als gelöst an, wenn es (in einer Art Umkehrung der Wahrheitsdefinition durch TARSKI) gelingt, für jeden Aussagesatz einer natürlichen Sprache einen Satz der Form „ s ist wahr dann und nur dann, wenn p “ anzugeben, wobei p für eben diesen Satz steht und s für eine Strukturbeschreibung dieses Satzes, die rekursiv aus einer endlichen Menge von Grundaussagen der Sprache und der Prädikatenlogik erster Stufe aufgebaut wird. So wird das implizite Wissen von kompetenten Sprechern über Bedeutungen als Ableitbarkeitsbeziehungen zwischen den Sätzen rekonstruiert, was für DAVIDSON vor allem den Vorteil hat, daß für die „Bedeutungen“ von Prädikaten und Sätzen keine eigenen Entitäten (z. B. Intensionen und Propositionen) postuliert werden müssen. Für DUMMETT gehört es auch zu den zentralen Aufgaben einer Bedeutungstheorie, die Bedingungen anzugeben, unter denen eine Aussage zu recht behauptet werden kann, d. h. es geht ihm nicht nur um die Wahrheitsbedingungen, sondern auch um Erklärungen und Kriterien dazu, wodurch das Wissen und Verstehen dieser Wahrheitsbedingungen selbst bestimmt wird. Das führt zur Abkehr von einer „realistischen“ und wahrheitsdefiniten (jede Aussage ist entweder wahr oder falsch) Semantik, denn bei einer Interpretation von Wahrheit als gerechtfertigte Behauptbarkeit (ähnlich der intuitionistischen Logik und Mathematik) hilft es nicht weiter, wenn von einem Sachverhalt jenseits unseres prinzipiellen Wissens angenommen wird, daß er entweder besteht oder nicht besteht, und für DUMMETT tritt eine so konzipierte Sprachphilosophie an die

¹⁹⁹PUTNAM (1993b), S. 133 f., (1993c), S. 197, (1993d), S. 214 f.

Stelle der traditionellen Erkenntnistheorie.²⁰⁰

Mit diesem Ansatz wird der These DAVIDSONS widersprochen, daß sein Ansatz schon hinreichend für das ist, was eine Bedeutungstheorie leisten muß. Aber selbst wenn man dem vergleichsweise bescheideneren Programm von DAVIDSON und seinem Optimismus zur Realisierung folgt, muß man mit ihm einräumen,

daß eine gewaltige Liste von Schwierigkeiten und Rätseln übrigbleibt. Um nur einige wenige zu nennen: die logische Form irrealer Konditionalsätze oder konjunktivischer Sätze ist uns ebenso unbekannt wie die logische Form über Wahrscheinlichkeiten und kausale Beziehungen; wir haben keine klare Vorstellung davon, was die logische Rolle der Adverbien oder die der attributiven Adjektive ist; wir kennen keine Theorie über Massentermini wie „Feuer“, „Wasser“ und „Schnee“, und im Hinblick auf Sätze des Glaubens, der Wahrnehmung und der Absicht fehlt uns eine Theorie ebenso wie im Hinblick auf Verben des Handelns, die eine Zwecksetzung implizieren. Und zu guter Letzt sind da alle die Sätze, die gar keinen Wahrheitswert zu haben scheinen: die Imperative, die Optative, die Fragesätze und eine Unzahl weiterer. Eine umfassende Bedeutungstheorie einer natürlichen Sprache muß sich mit jedem dieser Probleme erfolgreich auseinandersetzen.²⁰¹

A.1.2 Linguistik

Das Feld der modernen Linguistik hat wesentlich Ferdinand DE SAUSSURE abgesteckt. Den damals vorherrschenden historischen (diachronen) Untersuchungen stellte er das Konzept des Primats einer *synchronen* Sprachwissenschaft entgegen. Für ihn war die Sprache nicht „eine Sphäre für sich“, etwas, das sich, als „viertes Naturreich“ neben Pflanzen, Tieren und Menschen, wie ein Organismus selbständig und gleichsam naturgesetzlich entwickelt, „sondern ein Erzeugnis des Gesamtgeistes der Sprachgruppen.“ Allerdings, die „menschliche Rede, als ganzes genommen [*langage*], ist vielförmig und ungleichartig; verschiedenen Gebieten zugehörig, zugleich physisch, psychisch und physiologisch, gehört sie außerdem noch sowohl dem individuellen als dem sozialen Gebiet an; sie läßt sich keiner Kategorie der menschlichen Verhältnisse einordnen, weil man nicht weiß, wie ihre Einheit abzuleiten sei.“ Gegenstand der Sprachwissenschaft ist für DE SAUSSURE nur ein bestimmter Teil davon, das System der Sprache im engeren Sinne (*langue*). Nicht der aktuelle Sprechakt des Individuums (*parole*; „Die Sprache ist für uns die menschliche Rede abzüglich des Sprechens“) interessierte ihn (und schon gar nicht das Verhältnis der Sprache zur Welt), sondern „die Summe der Wortbilder, die bei allen Individuen aufgespeichert sind,“ das „soziale Band“, das „die Sprache ausmacht. Es ist ein Schatz, den die Praxis des Sprechens in den Personen, die der gleichen Sprachgemeinschaft angehören, niedergelegt hat,

²⁰⁰Die programmatischen Aufsätze für diese Vorschläge sind DAVIDSON (1986a, 1986b) und DUMMETT (1982a). Für ihre kontroverse Diskussion in der Nachfolge der analytischen Philosophie vgl. z. B. PUTNAM (1993b) und RORTY (1981), S. 283 ff. DAVIDSON (1986d, S. 319) hat den Ansatz und die Probleme seiner Bedeutungstheorie mit der Theorie der Temperaturmessung verglichen. Alexander HOFMANN (1995) untersucht die Reichweite eines solchen Vergleichs und die Konsequenzen für den Begriff der Bedeutung eines Wortes („meßtheoretische“ Ansätze für Phänomene der Intentionalität und Bedeutung haben im Zusammenhang mit der Debatte um die „Naturalisierung des Geistes“ eine gewisse Konjunktur; vgl. dazu Ansgar BECKERMANN (1992) und die anschließenden Kritiken).

²⁰¹DAVIDSON (1986a), S. 66 f. In einem späteren Aufsatz (1986b, S. 193) findet sich eine ähnliche Problemliste und Hinweise auf weitere (z. B. vage Quantoren wie „die meisten“), aber er sieht auch Fortschritte auf bestimmten Gebieten. Vgl. zu den Problemen einer formalen Repräsentation der Semantik natürlicher Ausdrücke auch die Liste von WAHLSTER unten auf S. 150.

ein grammatikalisches System, das virtuell in jedem Gehirn existiert, oder vielmehr in den Gehirnen einer Gesamtheit von Individuen“.²⁰²

In deren Gehirnen sind, als „*psychischer* Vorgang“, Bewußtseinsvorgänge, Vorstellungen „mit den Vorstellungen der sprachlichen Zeichen oder akustischen Bilder assoziiert . . . , welche zu deren Ausdruck dienen.“ Die Sprache im engeren Sinne ist dann ein „System unterschiedlicher Zeichen, die unterschiedenen Vorstellungen entsprechen.“ Die sprachlichen Zeichen vereinigen also „nicht einen Namen und eine Sache, sondern eine Vorstellung [*concept*] und ein Lautbild [*image acoustique*]“ (nach seinem terminologischen Vorschlag dann *signifié* und *signifiant*); beide „Bestandteile sind eng miteinander verbunden“, darin „vergleichbar mit einem Blatt Papier: das Denken ist die Vorderseite und der Laut die Rückseite“. Und obwohl „die sprachlichen Zeichen ihrem Wesen nach psychisch sind, so sind sie doch keine Abstraktionen“, sie sind durch „kollektive Übereinstimmung“ anerkannte Assoziationen, „Realitäten, deren Sitz im Gehirn ist“, und sie sind „greifbar; die Schrift kann sie in konventionellen Bildern fixieren“.²⁰³

Von der Bedeutung (*signification*, bei ihm identifiziert mit der Vorstellung, *signifié*) unterscheidet DE SAUSSURE den Wert (*valeur*) eines sprachlichen Zeichens. Der Wert ist „Bestandteil der Bedeutung“ und diese ist „vom Wert abhängig“. Während die Bedeutung *innerhalb* des Zeichens „das Gegenstück des Lautbildes“ ist, bestimmt sich der Wert durch die Beziehungen, in denen das Zeichen als ganzes zu den anderen Zeichen steht, da „die Sprache ein System ist, dessen Glieder sich alle gegenseitig bedingen und in dem Geltung und Wert des einen nur aus dem gleichzeitigen Vorhandensein des anderen sich ergeben“. Sein Beispiel: „das franz. *mouton* kann dieselbe Bedeutung haben wie das engl. *sheep*, aber nicht denselben Wert, und das aus mancherlei Gründen, besonders deshalb, weil, wenn von einem Stück Fleisch die Rede ist, das zubereitet und auf den Tisch gebracht wird, das Englische *mutton* und nicht *sheep* sagt. Der Unterschied des Wertes zwischen *sheep* und *mouton* kommt daher, weil das erstere neben sich ein zweites Glied hat, was bei dem franz. Wort nicht der Fall ist.“ Nicht die Bedeutung, sondern der Wert eines sprachlichen Zeichens, wie er sich aus den Differenzen und Beziehungen zu anderen Zeichen ergibt, ist für ihn „der grundlegende Gesichtspunkt“ der Linguistik. „Die Beziehungen und die Verschiedenheiten zwischen sprachlichen Gliedern gehen in zwei verschiedenen Sphären vor sich . . . Einerseits gehen die Worte infolge ihrer Verkettung beim Ablauf irgendwelcher Aussagen Beziehungen unter sich ein, die auf dem linearen Charakter der Sprache beruhen, der es unmöglich macht, zwei Elemente zu gleicher Zeit auszusprechen“ (*syntagmatische* Beziehungen, z. B. was kann nach „Der Hund beißt den“ folgen?). „Andererseits aber assoziieren sich außerhalb des gesprochenen Satzes die Wörter, die irgend etwas unter sich gemein haben, im Gedächtnis, und so bilden sich Gruppen, innerhalb deren sehr verschiedene Beziehungen herrschen“ (assoziative bzw. *paradigmatische* Beziehungen, z. B. wer oder was sonst kann beißen?). Zusammengefaßt: Für DE SAUSSURE ist der Gegenstand der Linguistik der systematische Zusammenhang der sprachlichen Zeichen einer Sprachgemeinschaft, ihre *Struktur*, der Ordnungszusammenhang der Beziehungen, Abhängigkeiten und Differenzen.²⁰⁴

²⁰²Ferdinand DE SAUSSURE, *Grundfragen der allgemeinen Sprachwissenschaft*, Berlin ²1967 (Original: *Cours de linguistique générale*, Erstveröffentlichung posthum, Lusanne und Paris 1916), S. 5 f., 11, 91 und 16.

²⁰³A. a. O., S. 14, 12, 77 f., 134 und 18. Zur Problematik der von DE SAUSSURE vorgenommenen Gleichsetzung von Begriffen und Vorstellungen vgl. z. B. Michael DUMMETT (1988), S. 116 ff.

²⁰⁴F. DE SAUSSURE, a. a. O., S. 136 ff., 132 und 147. An dieser Sicht der Sprache orientieren sich vor

Paradigmatische Beziehungen der traditionellen *Wortsemantik* sind zum Beispiel *Synonymie* („Orange“ und „Apfelsine“; nebenbei: es gibt nicht viele Beispiele, die jeder Kritik standhalten), *Hypo-* und *Hyperonymie* („Holzblasinstrument“ und „Fagott“) und *Antonymie* („dick“ und „dünn“) oder die unterschiedlichen *Konnotationen* bei Wörtern mit derselben *Denotation* („Pferd“, „Roß“, „Mähre“, „Klepper“). Allerdings sind solche Beziehungen bei der Bestimmung des semantischen Wertes sprachlicher Zeichen im Sinne der strukturalistischen Linguistik in mancherlei Hinsicht unbefriedigend. Um das zu illustrieren, ein kurzer Blick auf ein Gebiet, in dem die strukturalistische Linguistik besonders erfolgreich war, die Phonologie.

Auf Roman JAKOBSON und die „Prager Schule“ geht der Ansatz zurück, nicht die einzelnen sprachlichen Laute (Phoneme) als primäre kleinste Analyseeinheit zu betrachten, sondern binäre, distinktive Merkmale wie *stimmhaft* oder nicht, *nasal* oder nicht. Phoneme lassen sich dann definieren als Bündel solcher Merkmale und somit durch die Stellung im System, als Werte im Sinne DE SAUSSURES (formal darstellbar durch eine entsprechend geordnete Reihe von + und –). Erfolgreich war dieser Ansatz erstens, weil die Untersuchung ganz unterschiedlicher Sprachen zeigte, daß etwa ein Dutzend solcher Merkmale zur eindeutigen Charakterisierung und Klassifizierung aller Phoneme genügt. Einige dieser binären Unterscheidungen kommen in allen Sprachen vor, andere nur in einigen wenigen. Dabei gibt es eine gewisse systematische Hierarchie, d. h. bestimmte Merkmale setzen das Vorhandensein anderer voraus. Weiter korrespondiert diese linguistische Struktur auch mit empirischen Befunden aus anderen Bereichen, etwa Physiologie und Psychologie. So werden beispielsweise die in der Hierarchie unten angesiedelten Merkmale von Kindern später gelernt, und sie gehen bei historischen Veränderungen und bei Aphasien eher verloren. Schließlich lassen sich auch syntagmatische Beziehungen und Regeln für Lautfolgen recht einfach mit Hilfe der binären Merkmale formulieren (Beispiel: „Stimmhafte, nichtnasale Konsonanten werden am Wortende stimmlos“). Kurz, die so konzipierte Phonologie bildet mit einem überschaubaren Grundinventar binärer, distinktiver Merkmale eine Struktur mit universalem Anspruch, mit Generalisierungen und einzelsprachlichen Differenzierungen, empirischer Erklärungs- und Prognosekraft – und das alles gilt für die im vorigen Absatz genannten semantischen Beziehungen nicht.²⁰⁵

Die *Komponentenanalyse* unternimmt den Versuch, die Bedeutung eines Wortes (bzw. seinen Wert im semantischen Feld) in ähnlicher Weise und mit demselben theoretischen Anspruch wie in der Phonologie zu bestimmen. Der Grundgedanke läßt sich an folgender Tabelle illustrieren:

allein die Spielarten der *strukturalistischen* Linguistik (vgl. Manfred BIERWISCH (1966)). Sie wurde das Paradigma für den *Strukturalismus*, der großen Einfluß auch in anderen Sozial- und Kulturwissenschaften hatte (z. B. Ethnologie, Philosophie, Geschichte, Literaturwissenschaften, vgl. Günther SCHIWY (1969)). Anregungen für die Behandlung DE SAUSSURES in einem Kurs „Philosophie der Sprache“ gibt Jürgen HENGELBROCK (1981).

Neben der linguistischen Semantik gibt es auch lesenswerte „allgemeine“ Semantiken, die bewußt möglichst alle Bereiche des menschlichen Lebens einbeziehen (etwa Verhalten im Alltag, Politik, Kultur), z. B. S. I. HAYAKAWA (o. J.) und Anatol RAPOPORT (1972).

²⁰⁵Zur Bedeutung der Arbeit von JAKOBSON für die Linguistik und Kognitionswissenschaft vgl. auch BIERWISCH (1966) und GARDNER (1989). Daneben hatte er großen Einfluß auf die anthropologischen Arbeiten von Claude LÉVI-STRAUSS.

	<i>Frau</i>	<i>Mann</i>	<i>Mädchen</i>	<i>Junge</i>	<i>Kind</i>	<i>Stute</i>
...
[menschlich]	+	+	+	+	+	-
[weiblich]	+	-	+	-	+/-	+
[erwachsen]	+	+	-	-	-	+
...

Die Tabelle legt den Gedanken nahe, daß sich die Bedeutung eines Wortes in Komponenten zerlegen läßt, daß sie bestimmt ist durch das Zutreffen oder Nichtzutreffen einer Reihe semantischer Merkmale. Der große Vorteil dieses Verfahrens ist offensichtlich, daß die Beziehungen und Differenzen von Wortbedeutungen sehr durchsichtig dargestellt werden können. Beispielsweise sind „*Mädchen*“ und „*girl*“ genau dann synonym, wenn sie in allen Komponenten übereinstimmen, und ein Wort ist genau dann ein Hyponym eines anderen, wenn alle Komponenten des letzteren auch zum ersten gehören (dadurch entstehen Merkmals-hierarchien, die beim Aufbau eines Wörterbuches kürzere Einträge ermöglichen).

Im Zusammenhang mit dem Aufbau der semantischen Komponente einer generativen Grammatik (vgl. Abschnitt 5) haben Jerrold J. KATZ und Jerry A. FODOR vorgeschlagen, die Komponentenanalyse auch für syntagmatische Beziehungen und damit für die Satzsemantik zu nutzen.²⁰⁶ Dafür ist erstens ein Wörterbuch nötig, das neben syntaktischen Merkmalen (Wortart, Geschlecht usw.) auch die semantischen Komponenten angibt sowie Selektionsbeschränkungen für die Verbindung mit anderen Wörtern und Komponenten (z. B. daß „*Ball*“ mit Merkmalen wie Farbe, Durchmesser, Material verbunden werden kann, wenn es sich um das kugelförmige physikalische Objekt, nicht aber, wenn es sich um die Veranstaltung handelt).²⁰⁷ Zweitens müssen dann Regeln dafür angegeben werden, wie die Bedeutung zusammengesetzter sprachlicher Ausdrücke von den semantischen Komponenten und Selektionsbeschränkungen der einzelnen Wörter abhängt. So könnte dann parallel zur syntaktischen auch die semantische Struktur eines Satzes analysiert und dargestellt werden, und es wäre dann möglich, mit formalen, überprüfbaren Mitteln verschiedene Lesarten eines Satzes zu unterscheiden, semantische Anomalien („*Farblose grüne Ideen schlafen wütend.*“) aufzudecken und zu entscheiden, ob zwei Sätze dieselbe Bedeutung haben.

Beim Versuch der Umsetzung dieses Vorschlages stößt man schnell auf eine Reihe gravierender Probleme. Zunächst ist es oft ausgesprochen schwierig, Bedeutungen und Bedeutungsunterschiede eindeutig durch die An- und Abwesenheit semantischer Merkmale zu bestimmen. Durch welche (binären, distinktiven) Merkmale lassen sich z. B. jeweils „*Lache*“ und „*Pfütze*“, „*Junge*“ und „*Knabe*“, „*Frau*“, „*Dame*“ und „*Weib*“ abgrenzen?²⁰⁸

²⁰⁶The Structure of a Semantic Theory, *Language* 39 (1963), S. 170–210. Ein alternativer Ansatz zur Satzsemantik ist die Tiefenkasus-Theorie von Charles FILLMORE (im Mittelpunkt stehen die Verben, denen jeweils bestimmte thematische Rollen wie Verursacher, Objekt, Instrument zugeordnet werden), die im Bereich der KI von Roger C. SCHANK aufgegriffen wurde (s. u. S. 127). Andere Ansätze orientieren sich an der Prädikatenlogik.

²⁰⁷Schon CHOMSKY hat eine kleine Anzahl semantischer Merkmale wie [zählbar], [belebt], [menschlich] im Lexikon der Terminalsymbole verwendet, weil sonst z. B. im Zusammenhang mit bestimmten oder unbestimmten Artikeln oder Relativpronomen („*who*“, „*which*“) ungrammatische Sätze entstehen würden. Der Vorschlag von KATZ und FODOR geht darüber aber weit hinaus. Nebenbei: Die Vertreter der generativen Grammatik stehen dabei durchaus in der Tradition DE SAUSSURES (a. a. O., S. 18), für den „ein Wörterbuch und eine Grammatik eine treue Darstellung“ einer Sprache ergeben und für den semantische Kategorien wie Referenz, Wahrheit und Intention nicht zur Sprachwissenschaft im engeren Sinne gehören.

²⁰⁸Man kann den Standpunkt einnehmen, daß, zumindest in den letzten Fällen, nur Unterschiede der

Weiter sind für viele Wörter komplexer strukturierte Merkmale, etwa Relationen mit Variablen, nötig: Zur Bedeutung von „Vater“ gehört es, daß es einen weiteren Menschen gibt, von dem der erste männlicher Elternteil ist, zu „töten“, daß ein Lebewesen bewirkt, daß ein anderes nicht mehr lebendig ist. Schließlich zeigen Beispiele wie „erwürgen“, „vergiften“, „erschießen“, „erdolchen“ oder „spazieren“, „flanieren“, „schreiten“, „schlendern“, daß häufig mindestens ein weiteres Merkmal zur genaueren Abgrenzung hinzukommen muß. Danach muß man vermuten, daß insgesamt eine sehr große Anzahl von Merkmalen mit sehr unterschiedlichen und verwickelten Beziehungen nötig wären, im Gegensatz zu dem ursprünglich erhofften Vorteil, mit einem vergleichsweise übersichtlichen Inventar von Merkmalen und deren Kombination das gesamte semantische Feld darstellen zu können.

Daran schließt sich die Frage nach dem Status der semantischen Merkmale an, die ja zunächst nur theoretisch postuliert und häufig intuitiv und gelegentlich *ad hoc* konkretisiert werden. Sie sind keine Ausdrücke einer speziellen Sprache, denn sie sollen ja auch für den Vergleich zwischen Sprachen dienen. Es sind überhaupt keine *sprachlichen* Ausdrücke (wohl aber sprachgebunden), denn sie sollen ja einfacher und grundlegender sein als die elementaren sprachlichen Ausdrücke (nämlich die Wörter). Nach der weiter oben skizzierten Widerspiegelungstheorie könnte man sagen, daß sie den elementaren Gegenständen, Eigenschaften und Relationen einer objektiven Außenwelt entsprechen. Allerdings hat dieses Konzept – wie ebenfalls weiter oben dargestellt – erheblich an Attraktivität verloren, weil, insbesondere im Diskurs der Philosophie, immer stärker die gegenstands- und wirklichkeitskonstituierende Rolle der Sprache deutlich wurde (das nützt allerdings im Zusammenhang mit der Frage nach dem Status der semantischen Merkmale wenig, weil hier ja gerade nach vor- oder außersprachlichen Entitäten gesucht wird). Die generative Linguistik klammert im Bereich der Semantik die Dimension der Referenz gerne aus – wieder ganz in der Tradition DE SAUSSURES, nach dem nur das System der aus *signifié* und *signifiant* (Vorstellung und Lautbild bzw. Wortkörper) gebildeten Einheiten – und damit nur die linke Seite des semiotischen Dreiecks – Gegenstand der Sprachwissenschaft ist. Nach dieser Konzeption wären die semantischen Merkmale primitive und universelle Elemente der menschlichen Wahrnehmung und des Denkens, und ihr Nachweis und ihre Erforschung wäre Aufgabe der Psychologie und Neurophysiologie; in beiden Gebieten ist man jedoch weit entfernt von gesicherten Ergebnissen. Aber auch innerlinguistisch ist die Diskussion darüber noch nicht abgeschlossen, ob sich wirklich ein wohlbestimmbares Inventar semantischer Universalien angeben läßt, etwa mit einem Teil, der für alle Sprachen gilt und bei dem nur die Kombinationen unterschiedlich sein können, und mit einem anderen Teil, aus dem die Einzelsprachen je anders auswählen.

Noch schwieriger als die Komponentenanalyse einzelner Wörter ist die Angabe von Selektionsbeschränkungen und Regeln für die Verbindung von Wörtern zu komplexeren Ausdrücken bis hin zum ganzen Satz. Mit welchen Beschränkungen genau soll man „speisen“, „essen“, „fressen“ mit Menschen einerseits, Tieren andererseits in Verbindung bringen, ohne semantisch abweichende Sätze zu erzeugen oder zulässige auszuschließen? Zu „schwanger“ gehört sicherlich ein + bei [weiblich], aber auch jeder Mann kann mit einer Idee schwanger gehen. Nach welchen Regeln verschmelzen die Bedeutungskomponenten der einzelnen Wörter zu den Komponenten für den zusammengesetzten Ausdruck? Bei „schwarze Katze“ ist das einfach, den Merkmalen für „Katze“ wird das der Farbe hin-

Konnotation vorliegen, die Bedeutung im engeren Sinne aber gleich ist. Allerdings ist dann schwer zu erklären, warum wir „Frauenbart“ und „Damenarzt“ als anomal empfinden, und „fraulich“ hat wohl eine andere Bedeutung als „weiblich“, „knabenhafter Gang“ eine andere als „jungenhafter Gang“.

zugefügt. Aber wie ist das bei „*falscher Freund*“, „*frostige Begrüßung*“, „*heiße Phase*“, „*schwammiger Text*“ (ganz zu schweigen von idiomatischen Wendungen wie „*ins Gras beißen*“)?

Die Komponentenanalyse ist ein nützliches Instrument für gut umgrenzte Teilbereiche des semantischen Feldes, etwa für bestimmte Wortfelder. Man kann dann beispielsweise die Struktur solcher Wortfelder in verschiedenen Sprachen vergleichen und semantische Lücken entdecken (z. B. gibt es kein Pendant für „*satt*“ beim Trinken). Aber die hier nur angedeuteten Schwierigkeiten²⁰⁹ machen verständlich, daß an die Realisierung des ursprünglich von KATZ und FODOR vorgeschlagenen Konzeptes kaum noch jemand glaubt. Gegen diesen semantischen Ansatz spricht vor allem die – nicht zuletzt auch durch die oben skizzierten Arbeiten von WITTGENSTEIN, QUINE, und PUTNAM beförderte – Einsicht, daß es weder sinnvoll noch möglich ist, die Bedeutung eines Wortes als Liste einzeln notwendiger und insgesamt hinreichender Merkmale zu fassen.²¹⁰ Es bereitet sehr große Schwierigkeiten, „*Stuhl*“ und „*Sessel*“, „*Baum*“ und „*Strauch*“, „*Teich*“ und „*See*“ mittels eines diskreten Merkmals scharf gegeneinander abzugrenzen (vgl. dazu den Abschnitt 8 im Unterrichtsmodul 2). Terry WINOGRAD²¹¹ verdeutlicht das Problem sehr einleuchtend an einem Paradebeispiel der Komponentenanalyse, nämlich „*Junggeselle*“ ([– weiblich], [erwachsen], [– verheiratet]): Sind ein Mann, der seit Jahren mit einer Frau glücklich zusammenlebt und Kinder hat, ohne verheiratet zu sein, ein anderer Mann, der vor Jahren eine Scheinehe einging, um nicht zum Militär eingezogen zu werden (und die Frau nie wiedersah), ein Siebzehnjähriger, der seit einiger Zeit eine erfolgreiche Computerfirma hat und nicht mehr bei den Eltern lebt, ein Mann, der monogam mit seinem homosexuellen Partner lebt, ein Moslem, der auf der Suche nach seiner dritten Frau ist, ein katholischer Bischof ... geeignete Kandidaten, um der Bitte eines Freundes „Am kommenden Wochenende gibt es bei mir eine große Fete. Kennst du ein paar nette Junggesellen, die ich einladen könnte?“ zu entsprechen? Charles J. FILLMORE bemerkt dazu, daß man eine ganze Reihe zusätzlicher Bedingungen benötigt, nämlich den „Kontext einer einfachen Welt, in der man typischerweise in einem bestimmten Alter heiratet, nur ein Mal heiratet, eine Ehe führt und verheiratet bleibt, bis ein Partner stirbt.“²¹²

Das Paradebeispiel *gegen* den Ansatz der Komponentenanalyse ist „*Vogel*“: Kiwis haben keine Flügel, sie und Pinguine keine Federn, beide und die Strauße können nicht fliegen; bleibt der Schnabel und das Eierlegen – allerdings sind Schnabeltiere keine Vögel. Als Alternative oder Ergänzung zur Merkmalssemantik wurden deshalb in den letzten Jahren – angeregt durch Arbeiten der Kognitionspsychologin Eleanor ROSCH zur Klassifikation und Kategorienbildung²¹³ – Ansätze für eine *prototypisch* strukturierte Wortsemantik entwickelt. Der Grundgedanke ist, daß die Bedeutung eines Wortes eine (psychische) Ka-

²⁰⁹Vgl. dazu ausführlicher Günther GREWENDORF, Fritz HAMM & Wolfgang STERNEFELD (1987), S. 305 ff., und Monika SCHWARZ & Jeanette CHUR (1993), S. 37 ff.

²¹⁰Vgl. dagegen WITTGENSTEINS Begriff der „Familienähnlichkeit“ am Beispiel der Spiele: „Was ist allen diesen gemeinsam? – Sag nicht: ‚Es *muß* ihnen etwas gemeinsam sein, sonst hießen sie nicht ‚Spiele‘ – sondern *schau*, ob ihnen allen etwas gemeinsam ist. – Denn, wenn du sie anschaust, wirst du zwar nicht etwas sehen, was *allen* gemeinsam wäre, aber du wirst Ähnlichkeiten, Verwandtschaften, sehen, und zwar eine ganze Reihe. [...] Und ich werde sagen: die ‚Spiele‘ bilden eine Familie. [...] Man kann sagen, der Begriff ‚Spiel‘ ist ein Begriff mit verschwommenen Rändern.“ (*Philosophische Untersuchungen*, §§ 66 f., 71)

²¹¹Zitiert nach DREYFUS (1985), S. 313 ff.; vgl. auch WINOGRAD & FLORES (1989), S. 187 f.

²¹²„An Alternative to Checklist Theories of Meaning“, *Proceedings of the 1st Annual Meeting of the Berkeley Linguistic Society*, 1975, S. 123–131; zitiert nach Georges KLEIBER (1993), S. 21.

²¹³Vgl. dazu Howard GARDNER, (1989), S. 359 ff.

tegorie ist, die durch Unterkategorien besser oder schlechter, mehr oder weniger typisch, repräsentiert wird. So sind Spatzen, Meisen, Krähen (in unserer Kultur und Sprachgemeinschaft) „typischere“ Vögel als Kolibris, Strauße, Pinguine und Kiwis; Stühle, Tische, Betten sind typische Möbelstücke, nicht aber Gewürzregale und Blumenständer. Wir haben eine einigermaßen gleiche Vorstellung von einer typischen Tasse, können aber auch Gegenstände mit abweichenden Merkmalen als Tasse identifizieren. Damit ergibt sich eine um Prototypen gruppierte Struktur, bei der die einzelnen Vertreter und Unterkategorien durch ihre Nähe oder Ferne zum Prototyp charakterisiert sind und bei der die Grenzen zwischen den Kategorien unscharf sind. Zusätzlich zu dieser horizontalen gibt es noch eine vertikale Struktur. Ein Spatz ist nicht nur ein Vogel, sondern beispielsweise auch ein Wirbeltier. Dennoch wird kaum jemand angesichts eines Spatzes sagen: „Guck mal, ein Wirbeltier!“ (wohl aber: „Guck mal, ein Vogel!“). Entsprechend läßt sich für die Kategorien und Prototypen jeweils eine Basisebene auszeichnen, die wiederum insofern typisch ist, daß hier im gewissen Sinne mit dem geringsten Aufwand ein Maximum an relevanten Informationen vermittelt wird. Die zu „*Vogel*“, „*Stuhl*“ und „*Apfel*“ gehörenden Kategorien sind „handlicher“ als die für „*Baßtöpel*“, „*Klappstuhl*“ und „*Boskop*“ einerseits und „*Wirbeltier*“, „*Möbelstück*“ und „*Obst*“ andererseits. So sind z. B. die Kategorien der Basisebene die in der Hierarchie höchste Ebene, in der man noch mit Skizzen und Bildern für diese Kategorie arbeiten kann (bei der Merkmalssemantik mit ihrer Hierarchie der Inklusionen ist ein Merkmal so „gut“ wie jedes andere, so daß es keinen plausiblen Grund dafür gibt, eine bestimmte Ebene gegenüber anderen auszuzeichnen). Die Prototypensemantik ist auch deshalb so attraktiv für viele Linguisten, weil nicht nur die horizontale, sondern auch die vertikale Struktur durch psychologische Experimente (z. B. Häufigkeit bei der Verwendung, Schnelligkeit bei der Identifizierung) gut bestätigt wird: Wir bevorzugen eindeutig eine mittlere Ebene im Spektrum von Konkretion und Abstraktion.²¹⁴

Viele Wörter sind mehrdeutig, sei es, daß ein Wort (genauer: Lexem) unterschiedliche Bedeutungen hat (Polysemie), sei es, daß verschiedene Lexeme gleich geschrieben oder gesprochen werden (Homonymie; im Einzelfall ist diese Unterscheidung oft umstritten). Solche Angaben gehören zur *lexikalischen* Bedeutung. Die genauere Bestimmung, d. h. Einschränkung, der Bedeutung ergibt sich erstens aus dem *sprachlichen*, zweitens aus dem *situativen* Kontext. Im *Satzzusammenhang* „Der Hund ist wieder weggelaufen“ ist klar, daß mit „Hund“ das Tier gemeint ist; wird dieser Satz in einer konkreten Situation von einem bestimmten Menschen geäußert, ist die *aktuelle* Bedeutung z. B. „der Dobermann vom Nachbarn“. Damit kommen neben der Wort- und Satzsemantik weitere Aspekte der Bedeutung – etwa die illokutionäre Rolle von Sprechakten (vgl. Abschnitt 9) und konversationelle Implikaturen (Abschnitt 11) – ins Spiel, die in der Linguistik meist nicht zur Semantik, sondern zur Pragmatik gezählt werden.

In jedem Falle fällt auf, daß in der neueren Linguistik alle genannten Aspekte der Bedeutung sprachlicher Ausdrücke eher stiefmütterlich behandelt werden. In Gesamtdarstellungen der Disziplin wird ihnen meist sehr viel weniger Raum gewidmet als der Syntax und kaum mehr als der Phonologie und Morphologie. Das hängt sicher mit den genannten Schwierigkeiten zusammen, mit der Unübersichtlichkeit und dem Mangel an gesicherten

²¹⁴Für eine kurze Einführung in die Prototypensemantik vgl. SCHWARZ & CHUR (1993), S. 46 ff., ausführlicher KLEIBER (1993). Aus verständlichen Gründen – und unglücklicherweise für die KI – wurden bisher keine Methoden entwickelt, mit Prototypen auch formal zu operieren und sie mit der Satzsemantik zu verbinden; hier wird erneut die These vom Gegensatz psychologischer Adäquatheit und formaler Zugänglichkeit gestützt.

Ergebnissen, es hat aber auch programmatische Gründe. „Der Grund dafür liegt darin, daß vielen Sprachwissenschaftlern Zweifel gekommen sind, ob Bedeutung – zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt – so objektiv und streng wissenschaftlich untersucht werden kann wie Grammatik und Phonologie.“²¹⁵ Besonders weit in dieser Hinsicht ging Leonard BLOOMFIELD, der vor allem in den USA einen sehr großen Einfluß auf die Entwicklung der Linguistik von den dreißiger bis zu den frühen sechziger Jahren hatte. Nach seiner am Behaviorismus orientierten Analyse und Definition der Bedeutung (s. u.) kommt er zu dem Schluß: „Meanings cannot be defined in terms of our science.“²¹⁶ Und auch Noam CHOMSKY (vgl. den Kommentar im Abschnitt 5) hat, bei allen sonstigen und sehr gravierenden Unterschieden zu BLOOMFIELD, mit seiner Unterscheidung in *Kompetenz* und *Performanz* – wie zuvor schon DE SAUSSURE mit *langue* und *parole* – und mit seiner These von der relativen Autonomie der Syntax gegenüber der Semantik und Pragmatik zu diesem Trend beigetragen.

Diese Sicht der Linguistik läuft immer Gefahr, eine wesentliche Funktion der Sprache aus dem Auge zu verlieren: Verständigung und Kommunikation, und das heißt immer auch, daß sich bestimmte Menschen in einer bestimmten Situation mit einer bestimmten Absicht an andere Menschen wenden. Allerdings gibt es auch gute Gründe für diese Abblendung: Neben dem schon beschriebenen Problem der Bestimmung eines eigenen Gegenstandsgebietes für die Linguistik vor allem die schon oben in der Einleitung zum Unterrichtsmodul 2 genannte besondere Leistung der menschlichen Sprache, daß räumlich und zeitlich weit entfernte Sachverhalte beschrieben werden können und die damit verbundene weitgehende Unabhängigkeit von aktuellen Personen, Reizen und Situationen. BÜHLER nannte das die „Erlösung der Sprachgebilde (ihrem Funktionswerte nach) aus den Umständen der konkreten Sprechsituation“, er feierte es als „Befreiungsschritt, der vielleicht einmal im Werdegang der Menschensprache zu den entscheidendsten gehörte“, nämlich als „die Befreiung von den Situationshilfen“, als „Übergang vom wesentlich empraktischen Sprechen zu weitgehend synsemantisch selbständigen (selbstversorgten) Sprachprodukten“.²¹⁷ Trotz des daraus möglicherweise zu Recht abgeleiteten Anspruchs auf eine rein „innerlinguistische“ Wort- und Satzsemantik stößt seine Realisierung, wie mehrfach gezeigt, auf große Schwierigkeiten: In vielen Fällen ist es nicht möglich, ohne Rekurs auf den außersprachlichen Kontext, auf die konkrete Situation, die Entscheidung zwischen zwei Lesarten zu treffen, zu entscheiden, ob zwei Ausdrücke dieselbe Bedeutung haben, oder, etwa im Falle von Metaphern, zulässige Ausdrücke gegenüber semantischen Anomalien auszuzeichnen.

²¹⁵John LYONS (1971a), S. 409. Vom „Abscheu vor allem, was mit ‚Bedeutung‘ zu tun hat“, von „dieser unter ernsthaften Sprachwissenschaftlern fast endemischen Krankheit wird man nur zu leicht erfaßt, wenn man sich längere Zeit mit dem beschäftigt, was seit Jahrhunderten über ‚Bedeutung‘ an Hehrem und an Handfestem gesagt worden ist. Die Beziehung der Zeichen zu dem zu systematisieren, wofür sie stehen, hat sich als Sisyphusarbeit erwiesen. Kein Wunder, daß die Semantik, der diese Aufgabe zugedacht ist, nach der freundlich-eifertigen Versicherung, sie sei auch wichtig, in die Rolle der ‚armen Verwandten‘ abgeschoben wurde . . . , die ihr neben der glanzvollen Syntax dann ja auch höchstens zukam.“ (Hans HÖRMANN (1976), S. 60 f.)

²¹⁶L. BLOOMFIELD, *Language*, London 1933, S. 167 (zitiert nach SCHWARZ & CHUR (1993), S. 20). Vgl. dazu aber auch Dieter WUNDERLICH (1974, S. 277, Anm. 43): „Die oft gehörte Behauptung, daß BLOOMFIELD die Kategorie der Bedeutung aus der Linguistik eliminiert habe, ist völlig falsch. Richtig ist, daß BLOOMFIELD verschiedene Versionen des Bedeutungsbegriffs unterschieden hat; und eine dieser Versionen, welche in Bezug auf externe Reize und Reaktionen definiert ist, soll in der Linguistik selbst nicht behandelt werden, sondern in den zugeordneten Nachbarwissenschaften wie der Psychologie und Soziologie . . . ; andere Versionen, nämlich die genannten funktionalen Bedeutungen und Klassen-Bedeutungen, sind auch für BLOOMFIELD genuiner Untersuchungsgegenstand für die Linguistik.“

²¹⁷Karl BÜHLER, *Sprachtheorie*, Jena 1934, S. 57 und 366 f. (zitiert nach HÖRMANN (1976), S. 418).

Dieses Problem war auch den Proponenten der oben kurz vorgestellten generativen Semantik durchaus bewußt. KATZ und FODOR ziehen aus diesem Dilemma folgenden Schluß:

Da eine vollständige Theorie der Auswahlfunktion des Zusammenhangs als Teil des Zusammenhangs einer sprachlichen Äußerung alle und jede Erscheinung der Umwelt wiedergeben muß, die vom Sprechenden benötigt wird, um die bevorzugte Bedeutung dieser Äußerung zu bestimmen ... kann eine derartige Theorie grundsätzlich nicht zwischen der Kenntnis, die ein Sprecher von seiner Sprache besitzt, und dem Wissen über seine Umwelt unterscheiden ... Da keine wirkliche Möglichkeit zur Systematisierung des gesamten Umweltwissens, an dem Sprecher teilhaben, besteht und weil eine Theorie von der Art, wie wir sie eben erörtert haben, eine derartige Systematisierung erfordert, kann sie ipso facto nicht als Strukturmodell für die Semantik gewählt werden.²¹⁸

Tatsächlich ist es kaum möglich, zwischen sprachlichem und Weltwissen (enzyklopädischem Wissen) sauber zu trennen (vgl. auch oben die Kritik QUINES an der Unterscheidung in analytische und synthetische Wahrheiten). Beim Satz „*Er nahm das Glas vom Tablett und zerbrach es*“ wissen wir sofort, daß sich „*es*“ auf das Glas und nicht auf das Tablett bezieht, weil wir wissen, das Glas zerbrechlich ist, das Material, aus dem man in der Regel Tablett macht, aber nicht. Man kann dann den Standpunkt vertreten, daß „zerbrechlich“ zur *sprachlichen* Bedeutung von „Glas“ gehört und es entsprechend im Lexikon vermerken. Aber wo soll man dann anfangen, wo aufhören: „transparent“, „faßt sich kalt an“, „härter als Holz“, „elektrischer Isolator“, „Schmelzpunkt bei ...“? Wenn man – wie DE SAUSSURE und wohl die meisten Linguisten – Bedeutungen, das was sprachliche Zeichen ausdrücken, mit psychischen Vorstellungen und Vorgängen identifiziert, stellt sich dann die Frage, wie solches Wissen erworben, unterschieden, repräsentiert, aufeinander bezogen und verarbeitet wird. Mit solchen Überlegungen wird nicht nur die Grenze zwischen sprachlichem und enzyklopädischem Wissen fließend, sondern auch die zwischen Linguistik und Psychologie.

A.1.3 Psychologie

F. DE SAUSSURE sah deutlich die Konsequenzen seines Ansatzes: „Im Grunde ist in der Sprache alles psychologisch, einschließlich ihrer materiellen und mechanischen Äußerungen, wie die Veränderungen der Laute; und ist die Sprachwissenschaft, da sie der Sozialpsychologie so wertvolle Tatsachen bietet, nicht ein Bestandteil von dieser?“ Er entwarf das Konzept einer „Semeologie“ als einer „*Wissenschaft, welche das Leben der Zeichen im Rahmen des sozialen Lebens untersucht*; diese würde einen Teil der Sozialpsychologie bilden und infolgedessen einen Teil der allgemeinen Psychologie; ... Sie würde uns lehren, worin die Zeichen bestehen und welche Gesetze sie regieren.“²¹⁹ Und in der Tat ist bei der Entwicklung der Disziplinen die Linguistik mit der von der Philosophie emanzipierten Psychologie in ihrem gemeinsamen Selbstverständnis als empirische und „erklärende“²²⁰

²¹⁸J. J. KATZ & J. FODOR, *Die Struktur einer semantischen Theorie* (Original: The structure of a semantic theory, *Language* 39 (1963), S. 170–210), in: H. Steger (Hrsg.), *Vorschläge für eine strukturelle Grammatik des Deutschen*, Darmstadt 1970, S. 218 f. (zitiert nach HÖRMANN (1976), S. 183). HÖRMANN (a. a. O.) kommentiert das so: „Es ist in der Wissenschaftsgeschichte ... nicht häufig, daß der Zweck einer Theorie so eindeutig ihrer Eleganz geopfert wird.“ Vgl. dazu auch Hubert L. DREYFUS (1985), S. 164 ff., und Peter HELLWIG (1983), S. 22 ff.

²¹⁹F. DE SAUSSURE, a. a. O., S. 8 und 19.

²²⁰Vgl. zu dieser Kategorie DILTHERYS und ihrer Wirkungsgeschichte Nicole D. SCHMIDT (1995), S. 37 ff.

Wissenschaften ebenso verschwistert und verwoben wie – auf der anderen Seite des semiotischen Dreiecks bei Fragen der Intentionalität, Referenz und Wahrheit und in der antipsychologistischen Tradition FREGES – die Philosophie mit der formalen Logik.

Die Zeichentheorie von MORRIS und die Bedeutungstheorie von BLOOMFIELD bis SKINNER war ganz dem *behavioristischen* Paradigma der Psychologie verpflichtet. Der Behaviorismus wollte die Psychologie ausschließlich auf „objektive“ Methoden stützen, die höchstens indirekt zu ermittelnden Bewußtseinszustände und innerpsychischen Prozesse wurden deshalb aus der Wissenschaft verbannt. Im Zentrum standen die Beobachtung, Vorhersage und Kontrolle des Verhaltens unter genau bestimmten Umständen, die Reaktion (*response*) auf einen Reiz (*stimulus*). Ausgangspunkt für BLOOMFIELDS Übertragung dieser Sicht auf die Linguistik ist die These, daß sich die „Arbeitsteilung, und, mit ihr, die gesamte Arbeit der menschlichen Gesellschaft“ der Sprache verdankt, denn Sprache setzt uns „in die Lage, daß die eine Person eine Reaktionshandlung ausführt, wenn eine andere Person den Stimulusreiz empfängt.“ Sein Beispiel: „Angenommen, daß Jack und Jill einen Weg entlang spazieren. Jill ist hungrig. Sie sieht an einem Baum einen Apfel. Sie produziert ein Geräusch [Lautgebilde] mit Kehlkopf, Zunge und Lippen. Jack überspringt die Hecke, erklettert den Baum, nimmt den Apfel, bringt ihn Jill und gibt ihn ihr in die Hand. Jill ißt den Apfel.“ Statt sich den Apfel selbst zu holen ($S \rightarrow R$), zeigt Jill eine *sprachliche* Reaktion r , die ein Reiz s für Jack ist, auf den er entsprechend reagiert: $S \rightarrow r \dots s \rightarrow R$. Nach BLOOMFIELD kann und soll die Bedeutung der Äußerung $r \dots s$ nur durch das Verhalten der Beteiligten und die auf sie in dieser Situation wirkenden Reize bestimmt werden. Kurz: „Die Bedeutung einer sprachlichen Form ist die Situation, in der der Sprecher sie äußert, zusammen mit der Reaktionshandlung, die sie im Hörer hervorruft.“²²¹

Daß dieses Konzept der sprachlichen Bedeutung in vielerlei Hinsicht unbefriedigend und unzureichend ist (ändert sich z. B. die Bedeutung von Jills Äußerung, wenn Jack sich taub stellt, weil ihm Jill schon lange auf den Geist geht, oder hat auch eine ganz andere Äußerung in dieser Situation dieselbe Bedeutung, wenn sich danach Jack aus nur ihm bekannten Gründen entschließt, einen Apfel zu pflücken?), muß hier nicht weiter verfolgt werden.²²² Erstaunlich ist eher, daß es sich so lange halten und die Linguistik derart beeinflussen konnte: Erst die Arbeiten von CHOMSKY und seine vernichtende Kritik von SKINNERS *Verbal Behavior* im Jahre 1959 führten zum endgültigen Niedergang dieses Paradigmas in der Linguistik. Wie für DE SAUSSURE ist auch für CHOMSKY die Sprachwissenschaft ein Teil der Psychologie, und zwar „einfach derjenige Teil der Psychologie des Menschen, in dem es um ein ganz besonderes ‚mentales Organ‘, eben die menschliche Sprache, geht.“ Die Psychologie wird dabei ausdrücklich verstanden als eine „Theorie des Geistes“, sie ist „somit jener Teil der Humanbiologie, auf deren fundamentalster Ebene es um die Fähigkeit zweiter Ordnung geht, kognitive Strukturen zu konstruieren, die in unsere Fähigkeiten erster Ordnung, eben in die Fähigkeiten zu handeln und Erfahrungen zu interpretieren, eingehen.“ Die Sprache ist damit ein „Spiegel des Geistes“, durch ihre Untersuchung können wir abstrakte Prinzipien entdecken, „die ihre Struktur wie ihre Verwendung regieren, Prinzipien, die aufgrund biologischer Notwendigkeit universale Gültigkeit besitzen und nicht

²²¹Leonard BLOOMFIELD, *Language*, London 1933, S. 22, 24 und 139 (übersetzt von und zitiert nach Dieter WUNDERLICH (1974), S. 311 f.).

²²²Vgl. zur genaueren Darstellung und Kritik z. B. Franz v. KUTSCHERA (1975), S. 78–93, und Dieter WUNDERLICH (1974), S. 311–318, sowie den Exkurs im Unterrichtsmodul 1 und die Literaturangaben dazu. Die Kritik am Behaviorismus war auch für FODOR ein wesentlicher Ausgangspunkt für seinen funktionalistischen Ansatz (vgl. den Abschnitt Abschnitt 4.3 von Teil 2).

bloß einen historischen Zufall darstellen, Prinzipien, die von mentalen Merkmalen unserer Spezies abhängen.“²²³

Damit hat CHOMSKY zwar keine alternative Bedeutungstheorie entwickelt,²²⁴ aber mit seinen Arbeiten einen wichtigen Beitrag geleistet für die „kognitive Wende“ in der Psychologie. Die Einsicht, daß sich viele geistige Aktivitäten nur als planvolle und zielgerichtete adäquat erklären und beschreiben lassen, führte dazu, daß wieder die vom Behaviorismus verbannten mentalen Zustände und Prozesse in den Mittelpunkt des Interesses rückten und in vielen einfallsreichen Experimenten untersucht wurden (anders als bei CHOMSKY geht es dabei weniger um die Kompetenz eines idealen Sprechers, sondern mehr um die tatsächliche *Performanz* der Versuchspersonen, da, wie auch in der Neurologie, gerade auch die Fehlleistungen und Schwächen wichtige Anhaltspunkte für die zugrundeliegenden Prozesse liefern). Hinzu kam die durch die Entwicklung der Computer genährte Hoffnung, daß sich die Strukturen und Funktionen kognitiver Prozesse besonders gut in Begriffen der Informations- und Symbolverarbeitung darstellen lassen, daß also Computer(programme) nicht nur als Werkzeug, sondern auch als Modell der Kognition von großem Nutzen sind. Das ist der thematische und methodische Rahmen für das neue Paradigma der *kognitiven* Psychologie, die sich zusammen mit entsprechenden Ansätzen aus der Philosophie, Linguistik, KI, Neurobiologie und Anthropologie als Teil einer interdisziplinären, am „Computermodell des Geistes“ orientierten *Cognitive Science* versteht.²²⁵

Ein einflußreicher Vertreter dieser Richtung ist z. B. Philip JOHNSON-LAIRD. Er teilt die Position des Funktionalismus (vgl. den Abschnitt 4 von Teil 2): „the mind can be studied independently from the brain. Psychology (the study of the programs) can be pursued independently from neurophysiology (the study of the machine and the machine code).“ Weiter sollen psychologische Theorien beschreibbar sein in Form einer *effektiven Prozedur* (z. B. als Turingmaschine oder durch rekursive Funktionen), um bei diesen Theorien sicher zu sein, „that the empirical claims they made necessarily follow from their theories.“²²⁶

Nach Studien zu Fehlern beim logischen Schließen (vgl. S. 30) entwickelte JOHNSON-LAIRD eine Theorie der *mentalen Modelle* mit dem Vorschlag, sie auch auf das Verstehen von Texten und Äußerungen anzuwenden. Er unterscheidet dabei zwei Stufen. Zunächst, so die

²²³Noam CHOMSKY (1977), S. 12 und 49 ff.

²²⁴Wie bereits gesagt haben er und seine Schüler dieses Gebiet eher gemieden. Zu einer Kritik daran und zu den Gründen dafür vgl. SEARLE (1974), S. 429 ff. Er sieht als wesentliches Defizit die Vernachlässigung der kommunikativen Funktion der Sprache gemäß den Intentionen der Sprecher und führt als Grund dafür erstens eine verfehlte Unterscheidung zwischen Kompetenz und Performanz an, zweitens sieht er darin eine Scheu vor den Sprechakten als überzogene antibehavioristische Reaktion. Letzteres ist nach SEARLE vor allem deshalb so unnötig, weil es ein Grundfehler des Behaviorismus war, die mit solchen *intentionalen Handlungen* verbundene „mentalistiche“ Begrifflichkeit zu übersehen.

²²⁵Für eine umfassende Einführung in die kognitive Psychologie siehe John R. ANDERSON (1988). In die kognitive Linguistik als spezielle Ausprägung der schon etwas länger bestehenden Interdisziplin Psycholinguistik (vgl. George A. MILLER (1995)) führt Monika SCHWARZ (1992) ein. Eine umfassende Geschichte der Kognitionswissenschaft und ihrer Teildisziplinen sowie einen Bericht über den Forschungsstand und die Perspektiven hat Howard GARDNER (1989) vorgelegt, ein Standardwerk und spannend zu lesen. Auch in der Philosophie gibt es nach der sprachanalytischen und pragmatischen Wende eine „Wiederentdeckung des Geistes“ (SEARLE (1993)) als Ausdruck eines *Naturalistic turn* und das Computermodell des Geistes als spezielle Spielart davon, vgl. dazu die Abschnitte 4 und 6 im Teil 2 sowie die Literaturhinweise dazu. Eine systematische Übersicht über die Entwicklung, Facetten und Probleme der „Computermodelle des Geistes“ liefert – als Einleitung zu einem von ihm herausgegebenen Band, in dem eine Reihe grundlegender Texte zur Kognitionswissenschaft erstmals auf deutsch vorliegen – Dieter MÜNCH (1992).

²²⁶Philip JOHNSON-LAIRD (1983), S. 9 und 6. Zur (Un-) Angemessenheit des Funktionalismus bei der Erforschung des Geistes aus der Sicht der Neurobiologie vgl. z. B. Gerald M. EDELMAN (1995), S. 301 ff.

Theorie, wird in einem oberflächlichen Verständnis eine *propositionale Repräsentation* erzeugt, „constructed in a mental language that has a vocabulary of comparable richness to that of natural language“.²²⁷ Durch sie wird der Sinn (*sense*) von Texten und Äußerungen repräsentiert, „determined by a knowledge of the language.“ Das reicht aber nicht aus. Eine Reihe von Problemen des Verstehens – Behandlung von Mehrdeutigkeiten, Pronomenbezug, echte und unbestimmte Kennzeichnungen, Anaphern und Ellipsen, vor allem aber die Kohärenz von Texten und Diskursen, wenn unterschiedliche Ausdrücke dieselbe oder gleiche Ausdrücke unterschiedliche Referenz haben – können von den für solche Repräsentationen entwickelten Semantiken (z. B. Komponentenanalyse, semantische Netze, Bedeutungspostulate) allein nicht gelöst werden, nötig sind dafür auch die Kenntnis der Situation, Hintergrundwissen und implizite Schlußfolgerungen. So erreicht man ein nicht bloß oberflächliches Verständnis der Bedeutung (*significance*) des Satzes „The elderly gentleman often walked the streets of the town“ erst, wenn man weiß oder aus dem Kontext erschließt, daß sich „the elderly gentleman“ auf Einstein und „the town“ auf Princeton bezieht, und man mit beiden etwas verbinden kann. „It seems that there are at least two things to be represented about a discourse: its sense and its significance.“²²⁸

Als interne Repräsentationen für diese zweite Stufe postuliert JOHNSON-LAIRD *mentale Modelle*, strukturierte Analogien („working models“) für Gegenstände, Phänomene und Sachverhalte, die nicht nur beim Sprachverstehen, sondern auch in anderen Bereichen der Kognition eine zentrale Rolle spielen. Text- und Diskursverstehen wird damit interpretiert als die schrittweise Neukonstruktion oder Modifikation kohärenter mentaler Modelle. „The essential context of an utterance can be represented in a mental model, and the significance of the utterance is established by relating its propositional representation to this model and to general knowledge. When the referents have been identified, the new information conveyed by the utterance can then be added to the model to bring it up to date.“ Die wesentliche Aufgabe einer kognitiven Psychologie besteht dann in der Angabe effektiver Prozeduren – „Mental models, and the machinery for constructing and interpreting them, are computable“ – einer *prozeduralen Semantik*, die kognitiv adäquat (also in Übereinstimmung mit empirischen Befunden zum menschlichen Sprachverstehen) eben diese Verbindung von sprachlichem, Situations- und Weltwissen (genauer: -überzeugungen) sowie den nötigen Inferenzen bei der Konstruktion solcher Repräsentationen leistet.²²⁹

²²⁷ JOHNSON-LAIRD (1983), S. 244. Er bezieht sich dabei auf die – umstrittene – These einer syntaktisch strukturierten inneren „Sprache des Geistes“ von Jerry A. FODOR (1975; zu dem bei solchen Ansätzen grundlegenden und bisher ungelösten Problem, inwiefern solche mentalen Repräsentationen auch tatsächlich angemessen und zutreffend sind, d. h. zu den Problemen, die entstehen, wenn man auch die semantischen Dimensionen Referenz und Wahrheit einbezieht, vgl. auch (1987), insbesondere S. 97–127). Zur Erinnerung: Propositionen sind das Was-auch-immer, was z. B. den Sätzen „*Peter liebt Mary*“, „*Mary wird von Peter geliebt*“ und „*Peter loves Mary*“ hinsichtlich ihrer Bedeutung gemeinsam ist, also etwa das durch sie unabhängig von einer speziellen Formulierung oder Sprache Ausgesagte. Übliche Repräsentationen solcher Propositionen in einer „öffentlichen“ Sprache sind z. B. Formeln der Prädikatenlogik. Einen kurzen Überblick über verschiedene Positionen zur Funktion und zum ontologischen Status von Propositionen sowie zur Art und zum Nutzen ihrer Repräsentation in der Philosophie, Linguistik und Psychologie gibt Jürgen SCHRÖDER (1992), S. 108 ff.

²²⁸ JOHNSON-LAIRD (1983), S. 407, 244, 381.

²²⁹ A. a. O., S. 2, 245, 398. JOHNSON-LAIRD selbst führt das in seinem Buch nur am Beispiel der recht beschränkten Domäne von Beschreibungen über die räumliche Anordnung von Gegenständen durch. Für die Skizze eines umfassenderen Systems zur Simulation des Textverstehens gemäß der Theorie mentaler Modelle siehe B. HILDEBRANDT, G. RICKHEIT & H. STROHNER (1993), für eine kritische Analyse des Ansatzes von JOHNSON-LAIRD Jürgen SCHRÖDER (1992), S. 94 ff. Jürgen GRZESIK (1990) ist ein Beispiel dafür, daß die Theorie mentaler Modelle auch Eingang in die Didaktik des Textverstehens gefunden hat.

A.1.4 Resümee

Läßt sich aus den letzten dreißig Seiten ein Resümee zur Frage nach der Bedeutung von „Bedeutung“ ziehen? Eine eindeutige Antwort fällt schwer. Die menschliche Sprache ist ein ungeheuer komplexes Phänomen. Der Erfolg der wissenschaftlichen Disziplinen beruht andererseits gerade darauf, daß gemäß je eigenen Theorien mit je eigenen Methoden je eigene „Gegenstände“ bearbeitet werden, also auf durch Konzentration auf bestimmte Erkenntnisaspekte gewonnenen Abstraktionen und Reduktionen, bei denen von vielen sonstigen Eigenschaften und Aspekten bewußt abgesehen wird. Auch bei der genannten Frage fallen die Antworten je nach der speziellen Sicht der Sprache anders aus, wenn z. B. die Wahrheit (CARNAP), die Grammatikalität (CHOMSKY) oder die damit verbundene Intention und Handlung (SEARLE) als wesentlicher Aspekt eines Satzes angesehen werden, und es ist nicht leicht, das alles wieder zu einem umfassenden Bild zusammenzuführen.

Auf den vorangegangenen Seiten wurden zum Verhältnis von Sprache, Denken und Welt zwei große Linien nachgezeichnet, die „FREGE-Linie“ und die „DE SAUSSURE-Linie“ (für eine dritte Sicht der Sprache, die „AUSTIN-Linie“, vgl. die Abschnitte 9 und 11 vom Unterrichtsmodul 2). Bei der ersten, „realistischen“, Linie steht die darstellende Funktion der Sprache im Mittelpunkt, das Verhältnis von Sprache und Welt. Bevorzugte Analyseeinheit ist der einen Sachverhalt beschreibende Aussagesatz, die zentralen semantischen Kategorien sind Referenz, Wahrheit und Folgerichtigkeit, beliebtestes Instrument sind modelltheoretische Referenzsemantiken nach dem Vorbild der wahrheitsdefiniten formalen Logik. Bedeutungen, der Sinn sprachlicher Ausdrücke, sind abstrakte Gegenstände wie Intensionen und Propositionen, die damit verbundenen individuellen psychischen Vorstellungen sind verpönt. Die Untersuchungen stehen im Dienste einer „objektiven“, wissenschaftlichen Beschreibung der sprach- und theorieunabhängig gedachten Realität, möglichst so eindeutig und zeit- und kontextunabhängig wie in der Mathematik, die Eigenheiten der natürlichen Sprachen sind dabei nur störend, Schmutz, von dem man sich befreien will. Gerade die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der reichen Palette natürlicher Sprachen, verstanden als grammatikalisches, in akustischen und graphischen Zeichen fixiertes System psychischer Vorstellungen und Fähigkeiten einer Sprachgemeinschaft, virtuell vorhanden bei jedem einzelnen kompetenten Mitglied, stehen im Zentrum der zweiten, „psychologischen“, Linie. Bevorzugte Analyseeinheit ist hier das mit einer bestimmten psychischen Vorstellung assoziiert gedachte Wort mit seinen Beziehungen und Differenzen zu anderen Wörtern hinsichtlich der Klassifikation und Aneinanderreihung. Die Bedeutung wird verstanden als semantischer Wert im Feld solcher Strukturen, d. h. als Beziehung von sprachlichen Ausdrücken zu anderen sprachlichen Ausdrücken nach bestimmten Regeln. Ein dafür geeignetes, einheitliches Konzept einer Semantik gibt es bei dieser Linie nicht, nur die Konkurrenz recht unterschiedlicher Ansätze: z. B. Sinnrelationen, Komponentenanalyse, Prototypen, Tiefenkasus-Theorie. Bei dieser Sicht ist es der Weltbezug der Sprache, der als störend empfunden wird, im Extremfall wird die Frage nach Referenz und Wahrheit als eine von den Philosophen aufgezwungene angesehen.

Beide Linien haben gemeinsame blinde Flecken (Kommunikation, Intentionalität, Situationsbezug) und ihre je eigenen ungelösten Probleme. Die an Sachverhalten orientierte Semantik der Intensionen und Propositionen gerät beispielsweise in Schwierigkeiten bei „psychologischen“ Kontexten wie Glauben, Wissen und Wahrnehmung, ein Hauptproblem der zweiten Linie ist die Erweiterung der wortsemantischen Ansätze zu einer befriedigenden Satz- und Textsemantik. Dabei ist erstens interessant eine gewisse Konvergenz der

Linien, etwa beim Holismus der Bedeutung: Die Bedeutung einzelner Wörter läßt sich nicht isoliert bestimmen, schon gar nicht immer durch eine Liste einzeln notwendiger und zusammen hinreichender Merkmale, und auch die Bedeutung eines einzelnen Satzes ist damit nicht allein bestimmt durch die Bedeutungen seiner Teile und deren syntaktischer Anordnung. Weiter hat sich gezeigt, daß eine strenge Unterscheidung in analytische und empirische Wahrheiten bzw. eine in sprachliches und enzyklopädisches Wissen nicht möglich ist. Daraus folgt, daß die drei Seiten des semiotischen Dreiecks letztlich nicht unabhängig voneinander erfolgreich behandelt werden können. PUTNAM und DUMMETT z. B. als fortgeschrittene Vertreter der ersten Linie sehen deutlich die Grenzen einer modelltheoretischen und wahrheitsdefiniten Referenzsemantik und den kognitiven und sozialen Charakter der Sprache, FODOR, sozialisiert in der zweiten Linie, weiß andererseits, daß der „methodische Solipsismus“ nur eine zeitweilige Forschungsstrategie sein kann, und bemüht sich nun um eine die Verbindung zur Welt erklärende „Psychosemantik“, JOHNSON-LAIRD betont den Stellenwert des logischen Schließens und der Kohärenz von Diskursen, und er nimmt für seine mentalen Modelle in Anspruch, daß sie den Phänomenen und Sachverhalten angemessen sind, also Repräsentationen *von* etwas sind. (Man könnte auch sagen, daß bei der Annäherung der Linien nach einer Verbindung zwischen der je von uns konstruierten „Wirklichkeit“ und der von uns unabhängigen „Realität“ gesucht wird.) Zweitens ist diese Konvergenz auch forciert worden durch die Auseinandersetzung mit dem „Computermodell des Geistes“ und mit den Resultaten und Problemen der KI. Das ist kein Zufall, denn eine erfolgreiche (um wiederum *dafür* Kriterien angeben zu können, ist auch die dritte, die „AUSTIN-Linie“, nötig) Arbeit am maschinellen Sprachverstehen muß beide Stränge verbinden: die Linie der psychischen Vorstellungen und mentalen Repräsentationen und die Linie der Rekonstruktion des sprachlichen und Weltwissens in einer öffentlichen und formal handhabbaren Sprache (vgl. Teil 1, Abschnitte 2 und 3).

Die Bedeutung sprachlicher Ausdrücke, so kann man zusammenfassen, hat mehrere – sich in den Prozessen der Ontogenese, Phylogenese und Kulturentwicklung gegenseitig beeinflussende – Dimensionen und Komponenten: die sozialen Regeln für ihren Gebrauch, die mit ihnen verbundenen psychischen Vorstellungen und Intentionen, den Sachbezug als Modell und Beitrag der Umwelt. Die Schwierigkeit mit der Bedeutung von „Bedeutung“ ist eine doppelte: die genannten Komponenten zu präzisieren und dabei nicht ihren Zusammenhang aus dem Auge zu verlieren.

A.2 „Klassische“ KI-Semantik: Netze, Rahmen, Skripte

Bei der Entwicklung von Formalismen zur Repräsentation der Semantik und Pragmatik einer natürlichen Sprache stößt man – wie auch bei anderen Anwendungsbereichen der KI – auf das „Repräsentationsproblem“, auf das „*Problem der adäquaten Abbildung* von strukturell-operativen Zusammenhängen menschlichen Wissens in Algorithmen und Datenstrukturen.“ Dabei kann man unterscheiden nach Fragen zur *epistemologischen* (Sind alle relevanten Aspekte abbildbar? Ist Metawissen wie z. B. das über Wissenslücken repräsentierbar?), *logisch-formalen* (Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit? Entscheidbarkeit?), *algorithmischen* (Komplexität und Effizienz?), *psychologischen* (Handelt es sich um ein Modell der menschlichen Wissensstrukturen und Schlußfolgerungsprozesse? Werden dieselben Fehler gemacht? Werden Widersprüche zugelassen?) und *ergonomischen* (Sind die Formalismen für den Menschen leicht handhabbar und verständlich?) *Adäquat-*

Angesichts der auf den vergangenen Seiten angesprochenen Probleme ist es sicher nicht überraschend, daß bei allen bisher entwickelten Ansätzen zur formalen Repräsentation der Semantik und Pragmatik natürlicher Sprachen die Fragen zur epistemologischen und psychologischen Adäquatheit kaum oder gar nicht positiv beantwortet werden können. Beim genaueren Hingucken wird außerdem deutlich, daß die Adäquatheitskriterien zueinander in Konkurrenz und Widerspruch stehen und nicht gleichzeitig völlig befriedigend erfüllt werden können: Hinreichend feine Unterscheidungen führen zur erhöhten logischen und algorithmischen Komplexität, für den Menschen gut verständliche Datenstrukturen und Algorithmen müssen nicht auch besonders effektiv sein oder gut mit den Ergebnissen psychologischer und linguistischer Forschung übereinstimmen usw.

Im Zusammenhang mit solchen Fragen gab es in der KI-Forschung vor allem in den siebziger Jahren eine engagierte Debatte zwischen den Proponenten einer *prozeduralen* Repräsentation von Wissen einerseits und einer *deklarativen* andererseits. Letztere gehen von der Annahme aus, daß sich das Wissen weitgehend unabhängig von der weiteren Verarbeitung dieses Wissens darstellen und als einzelne „Fakten“ formal repräsentieren läßt. Der große Vorteil bei diesem Ansatz ist, daß die Wissensrepräsentation vergleichsweise leicht überprüft und modifiziert und dasselbe Verarbeitungsprogramm (z. B. zum Erzeugen von Schlußfolgerungen) nach einfachem Austausch der „Wissensbasis“ für ganz unterschiedliche Wissensgebiete genutzt werden kann. Daraus ergibt sich allerdings auch der schwerwiegende Nachteil, daß bei der Verarbeitung selbst kein bereichsspezifisches Wissen genutzt werden kann, wodurch die heuristische Abkürzung von Suchprozessen erschwert und die kombinatorische Explosion verstärkt wird. Das sind die wesentlichen Argumente für den prozeduralen Ansatz, bei dem das Wissen implizit in Prozeduren repräsentiert wird und der von der Annahme ausgeht, daß auch spezifisches Wissen nötig ist, um das Wissen für einen bestimmten Bereich sinnvoll zu verarbeiten. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist das von Terry WINOGRAD Ende der sechziger Jahre entwickelte regelbasierte Programm SHRDLU, das gemäß einer natürlichsprachlichen Eingabe virtuelle Klötzchen manipulieren und Nachfragen zum Vorgehen dabei beantworten konnte.

Eine Spielart des deklarativen Ansatzes und eine recht naheliegende und verhältnismäßig einfach zu realisierende Möglichkeit, sprachliches und Weltwissen zu repräsentieren, sind *semantische Netze* (vgl. den Kasten auf S. 72). Die Knoten dieser Netze entsprechen semantischen Einheiten (z. B. Namen und Prädikatoren), die Kanten stehen für zweistellige Relationen zwischen diesen Einheiten (z. B. Zuspochen einer Eigenschaft, Ober- und Untergliederungen; vgl. auch das „Prädikatorensystem“ bei dem im Unterrichtsmodul 2 behandelten Text von KAMLAH & LORENZEN (1967), S. 45–52). Die Bedeutung einer semantischen Einheit ist dann repräsentiert durch die anderen Knoten und die Art der Verbindungen zu ihnen. Die ersten, von Ross QUILLIAN Ende der sechziger Jahre entwickelten, semantischen Netze sollten auch ein psychologisches Modell für den assoziativen Aufbau des menschlichen Gedächtnisses sein, d. h. zusammengehöriges Wissen sollte auch benachbart repräsentiert werden (alles, was für Wirbeltiere gültig ist, gilt dann beispielsweise auch für Katzen).²³¹ In technischer Hinsicht ist einer der großen Vorteile

²³⁰Peter SCHEFE (1991), S. 190. Eine allgemeinverständliche Darstellung der Probleme der Wissensakquisition und -repräsentation in der KI gibt Barbara BECKER (1992), Kapitel 3 und 4.

²³¹Zur Diskussion der psychologischen Adäquatheit vgl. John R. ANDERSON (1988), S. 118 ff., und Hans HÖRMANN (1976), S. 155 ff.

die Ökonomie der Darstellung. Jede Einheit muß nur einmal aufgeführt werden und ihre Eigenschaften werden automatisch auf die in der Hierarchie untergeordneten „vererbt“.

Im Laufe der Zeit sind viele Varianten für die Art der semantischen Einheiten und der Relationen vorgeschlagen worden. Dabei zeigt sich ein gewisses Dilemma. Bei Netzen mit reichen Ausdrucksmitteln verläßt man schnell den Bereich, für den gesicherte Aussagen über die Vollständigkeit, Korrektheit und Konsistenz der Repräsentation möglich sind (vgl. unten S. 134). Beschränkt man sich andererseits auf die Mittel der in dieser Hinsicht unproblematischen Prädikatenlogik erster Stufe mit ihrer rein extensionalen Referenzsemantik, also etwa nur Nominatoren und Prädikatoren, Element- und Teilmengenrelationen, lassen sich intensionale Bereiche und Zusammenhänge wie Kausalität, Zeit, Notwendigkeit, Überzeugungen usw. nicht darstellen. Weiter ist es durch die Beschränkung auf deduktive Schlüsse nicht möglich, neues Wissen zu erschließen, Wissen durch neue Erfahrungen zu revidieren und flexibel mit unsicherem Wissen und mit Ausnahmen umzugehen (z. B. daß Pinguine nicht fliegen können, obwohl sie Vögel sind). Abgesehen davon sind solche semantischen Netze auch ausdrucksärmer als eine Repräsentation im Formalismus der Prädikatenlogik selbst, da es z. B. schwierig ist, in ihnen Quantifizierungen darzustellen.

Ausdrücklich als Gegenkonzept zu der an der formalen Logik orientierten KI-Forschung (vgl. oben S. 32) hat Marvin MINSKY für die Repräsentation von Wissen „Rahmen“ (*frames*) vorgeschlagen, um auch typische Erwartungen und andere Arten von Vorannahmen mit Hilfe (revidierbarer) Standardzuordnungen berücksichtigen zu können (vgl. oben den Kasten auf S. 74):

Wenn man einer neuen Situation gegenübersteht (oder sich die Zugangsweise zu einem gegebenen Problem substantiell ändert), dann wählt man aus dem Gedächtnis eine Struktur aus, die ich „Rahmen“ nennen möchte. Es ist ein erinnertes Gerüst, das – um mit der Realität übereinzustimmen – angepaßt werden muß, indem Einzelheiten verändert werden, wo es notwendig ist.

Ein *Rahmen* ist eine Datenstruktur, um eine stereotype Situation zu repräsentieren, wie z. B. in einer bestimmten Art von Wohnzimmer zu sitzen oder zu einem Kindergeburtstag zu gehen. Mit jedem Rahmen sind verschiedenartige Informationen verbunden. Ein Teil dieser Information handelt von der Verwendungsweise des Rahmens; ein anderer Teil gibt an, was als nächstes zu erwarten ist, und wieder ein anderer handelt davon, was zu tun ist, wenn diese Erwartungen nicht eintreffen.

Wir können uns einen Rahmen als Netzwerk von Knoten und Relationen vorstellen. Die obersten Ebenen eines Rahmens sind fixiert; sie repräsentieren Dinge, die in der angenommenen Situation immer wahr sind. Die unteren Ebenen haben viele Endpunkte – Eingabestellen (*slots*), die durch spezielle Einsetzung oder Daten gefüllt werden müssen. Jeder Endpunkt kann Bedingungen festlegen, die seine Zuordnungen erfüllen müssen. (Die Zuordnungen selbst sind gewöhnlich kleine Unterrahmen.) Einfache Bedingungen sind durch *Markierungen* spezifiziert, die z. B. fordern können, daß eine Endpunktzurordnung eine Person, ein Objekt von hinreichendem Wert oder ein Zeiger auf einen Unterrahmen eines bestimmten Typs ist. Komplexere Bedingungen können Relationen zwischen den Dingen spezifizieren, die mehreren Endpunkten zugeordnet sind. Ansammlungen von verwandten Rahmen sind untereinander zu *Rahmensystemen* verknüpft. Die Wirkungen wichtiger Handlungen werden durch Transformationen zwischen den Rahmen eines Systems widergespiegelt.²³²

²³²Marvin MINSKY (1992), S. 92f. Er sieht sich damit in der Tradition der „Schemata“ des Psychologen F. C. BARTLETT und der „Paradigmen“ des Wissenschaftstheoretikers Thomas S. KUHN (a. a. O. S. 95); zu nennen wären auch die „Noemata“ von Edmund HUSSERL (vgl. DREYFUS (1985), S. 298 ff.), die „Fami-

Gegen den „Wörterbuch-Grammatik-Ansatz“ (vgl. beispielsweise oben im Abschnitt 7 das System METAL) bei der Verarbeitung natürlicher Sprache hat Roger C. SCHANK in den frühen siebziger Jahren *Conceptual-Dependency*(CD)-Strukturen als Basis für das maschinelle Verstehen von Sprache entwickelt:

Das Wissen, das Menschen befähigt, zu sprechen und zu verstehen, scheint enger mit dem Begriff der *Bedeutung* statt mit dem der Form verknüpft zu sein. [...] Wir erinnern uns gewöhnlich nicht an den ursprünglichen Wortlaut von Geschichten. Unser Gedächtnis ist nicht auf Wörter abgestimmt, sondern auf Ideen. Unsere Fähigkeit, sich *überhaupt* an eine Geschichte zu erinnern, hängt von unserer Fähigkeit ab, eine grundlegende konzeptuelle Darstellung zu formen, die *nicht* an bestimmte Worte geknüpft oder von einem bestimmten Satz abhängig ist. [...] Woran man sich *erinnert*, ist die eigene, individuelle Version der Geschichte, ist, was die Worte für *einen selbst* bedeuten, die Folgerungen und Erwartungen, die sie in *einem selbst* wecken. Eine Aufgabe der Künstlichen Intelligenz besteht seltsamerweise darin, den Computer dazu zu bringen, die Wörter zu *vergessen*.

Wir wollen nicht bloß, daß der Computer jenen Wortlaut vergißt; wir wollen auch, daß er sich erinnert, *was geschehen ist*. Das ist der Schlüssel zur Sprachverarbeitung. Wir müssen einige primitive konzeptuelle Hilfsmittel zum Verstehen von Geschichten formulieren. Wir möchten, daß der Computer folgert, verschiedene Verwendungen desselben Wortes unzweideutig macht und ein beschriebenes Ergebnis versteht – wie auch immer der Mensch die Informationen paraphrasieren mag. Ein Verständnissystem, ob Mensch oder Computer, muß sich auf eine *konzeptuelle Darstellung von Ereignissen* stützen, nicht auf bestimmte Wörter oder Sätze.

[...] statt uns darauf zu konzentrieren, wie ein Satz aufgebaut ist, kümmern wir uns darum, wie man *darstellt*, was in dem vom Satz beschriebenen Ereignis *passiert*. Unser Ziel war es, Programme zu schreiben, die sich auf wesentliche Bedeutungsunterschiede konzentrierten, nicht auf Fragen der grammatikalischen Struktur. Diese Auffassung definierte das Parser-Problem neu. Wir benutzten alle grammatikalischen Regeln, die bei unserem Streben nach dem Bedeutungsextrakt von Sätzen nötig waren, aber zu unserer Überraschung erwies sich die Grammatik als kaum relevant für die Übersetzung von Sätzen in ein System konzeptueller Darstellungen.²³³

Gestützt auf Vorarbeiten zu semantischen Netzen von Ross QUILLIAN und zur Tiefenkasus-Theorie von Charles FILLMORE entwickelte SCHANK ein System primitiver Konzepte zur Repräsentation sprachlicher Bedeutung.²³⁴ Nach seiner These genügen dafür elf elementare

lienähnlichkeit“ bei WITTGENSTEIN (vgl. oben die Fußnote 210 auf S. 116) sowie die Schemata bei KANT (vgl. Abschnitt 2.5 von Teil 2; allerdings darf hier nicht übersehen werden, daß die Schemata bei KANT auf die *Zeit* als Anschauungsform des inneren Sinnes bezogen sind und insofern eine Zeitvorstellung enthalten; der Stellenwert der Zeit beim Denken und Sprachverstehen wird meist ignoriert, eine bedeutende Ausnahme ist Winfried D’AVIS (1994)). Weiter gibt es große Ähnlichkeiten mit den „Stereotypen“ bei PUTNAM (s. o. S. 108). „Um 1975 war“ diese Art der Wissensrepräsentation „eine Idee, deren Zeit gekommen war“ (HAUGELAND (1987), S. 171).

²³³Roger C. SCHANK mit Peter G. CHILDERS (1986), S. 106, 113 f., 158.

²³⁴QUILLIAN entwickelte Ende der sechziger Jahre arbeitsfähige, in LISP programmierte semantische Netze (in der Art wie im Kasten auf S. 72), etwa zur gleichen Zeit entstand FILLMORES Konzept der mit Verben assoziierten thematischen Rollen (z. B. AGENS, OBJEKT, INSTRUMENT; vgl. zu dieser Alternative zur generativen Semantik auch Hans HÖRMANN (1976), S. 222 ff.). Insgesamt ist aber die Arbeit von SCHANK nicht so sehr mit der Linguistik, sondern – weil er auch den Anspruch hat, ein Modell für das menschliche Denken vorgelegt zu haben – mehr mit der kognitiven Psychologie verbunden, mit der sie im engen Austausch stand (vgl. für einen ähnlichen Ansatz auch Donald A. NORMAN & David E. RUMELHART (1978), insbesondere die Kapitel 2 und 7–10). Allerdings gibt es auch massive Einwände von wichtigen Vertretern der kognitiven Psychologie. So bestreitet Ulric NEISSER (in PSYCHOLOGIE HEUTE

Aktionskonzepte: ATRANS (Transfer der Kontrolle über ein Objekt), ATTEND (Wahrnehmung durch ein Sinnesorgan), EXPEL (Ausscheidung eines Objektes durch ein Lebewesen), GRASP (Ergreifen eines Objekts), INGEST (Einverleiben eines Objekts durch ein Lebewesen), MBUILD (Erschaffung neuer Information), MOVE (Bewegung eines Körperteils), MTRANS (Transfer von Informationen), PROPEL (Anwendung physischer Kraft auf ein Objekt), PTRANS (Ortsveränderung von Subjekten), SPEAK (Lauterzeugung).²³⁵ Zu den Aktionskonzepten gehören jeweils bestimmte *slots* für konzeptuelle Rollen (z. B. für Akteur, Objekt, Quell- und Zielort) und sie können netzwerkartig durch spezifische Relationen (z. B. Zeit, Vorbedingung, Ursache) verbunden werden. Ein sprachlich beschriebenes Ereignis wie „*Barbara kaufte bei Christiansen ein Buch*“ kann dann durch die doppelte, ineinander verschränkte Verwendung von ATRANS (Geld von Barbara zu Christiansen, Buch von Christiansen zu Barbara) repräsentiert werden, „*Peter löffelte ein Eis*“ z. B. durch eine Kombination von INGEST, MOVE und PROPEL. Auf diese Weise kann einerseits durch die Suche nach passenden Kandidaten für die Rollen die semantische Textanalyse gezielt gesteuert werden, andererseits ist es durch die Anwendung spezifischer Inferenzregeln (z. B. „wenn das Objekt von INGEST flüssig ist, dann ist der Akteur nicht mehr durstig“) möglich, auch etwas zu erschließen, das nicht explizit im Text genannt wird. Mit diesem Ansatz erstellten SCHANK und seine Doktoranden das Programm MARGIE, das (einzelne) Sätze paraphrasieren und daraus Folgerungen ableiten konnte, und zwar auch in anderen Sprachen als Englisch, da die grundlegende Repräsentationsstruktur von einer speziellen Sprache unabhängig ist.²³⁶

Bei MARGIE traten bald zwei miteinander verwandte Probleme auf. Die (mit 16 Regeln recht bescheidene) Folgerungskomponente konnte jeweils eine Reihe von Folgerungen und aus diesen weitere Folgerungen generieren. Aber schnell „kam es zu einer kombinatorischen Explosion der Folgerungen“ und „einige der neuen Folgerungen waren gültig und vernünftig, aber viele waren albern und irrelevant.“²³⁷ Weiter behandelte das Programm die Sätze einzeln, ohne einen Satz mit dem nächsten und mit dem Kontext in Verbindung bringen zu können (was ja in der Regel Kriterien für die Relevanz von Folgerungen liefert). Um diese Probleme zu lösen und um noch weiter Alltagswissen für das maschinelle Sprachverstehen nutzbar zu machen, entwickelte SCHANK zusammen mit dem Psychologen Robert ABELSON in Yale Mitte der siebziger Jahre rahmenähnliche Datenstrukturen, in denen stereotype Handlungs- und Ereignisfolgen (in der konzeptuellen Darstellung mit den primitiven Aktionen; vgl. oben den Kasten auf S. 75), Vorbedingungen und Resultate, typische Requisiten und Rollen usw. zusammengefaßt werden:

Die in solchen Situationen gebrauchten Wissensstrukturen haben wir „Skripte“ genannt, zum Teil deswegen, weil sie an ein Skript für ein Bühnenstück erinnern. Skripte

(1987a), S. 69f.), daß die Programme von SCHANK „im eigentlichen Sinn etwas wissen“, und er betont die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Computern und Menschen (Lernen aus Erfahrung, Gefühle, komplexe Motive, Wahrnehmung).

²³⁵Auch bei Leuten, die diesem Ansatz grundsätzlich positiv gegenüberstehen, ist umstritten, ob *genau diese* Liste am besten geeignet ist. Vgl. dazu beispielsweise die in einigen Punkten abweichende Liste von Primitiven bei Patrick Henry WINSTON (1987), S. 285.

²³⁶„MARGIE stand für Memory, Analysis, Response Generation In Englisch. Außerdem heißt meine Mutter MARGIE“ (SCHANK mit CHILDERS (1986), S. 160). Etwas detaillierter wird die Repräsentation durch CD-Strukturen dargestellt z. B. bei Andreas DENGEL (1994, S. 100ff.), Manfred PINKAL (1993, S. 431ff.), Harald TROST (1986, S. 61ff.), Wolfgang WAHLSTER (1982, S. 257ff.) und WINSTON (1987, S. 284ff.). Dort finden sich auch weitere Literaturhinweise auf die Originalarbeiten.

²³⁷SCHANK mit CHILDERS (1986), S. 162.

sind abgepackte Sets von Erwartungen, Folgerungen und Kenntnissen, die in üblichen Situationen angewendet werden – wie eine Blaupause für eine Handlung, in der die Details ausgelassen sind. Ebenso, wie SLOTS und SLOTFÜLLER in der konzeptuellen Darstellung von Ereignissen benutzt wurden, ist ein Skript eine Sammlung von SLOTS FÜR EREIGNISSE. Wenn ein Verstehender es verwendet, hilft das Skript diesem Verstehenden, zu wissen, was zu erwarten steht. Ein Skript gibt an, was in einer Folge stereotyper Ereignisse wahrscheinlich als nächstes kommt. Skripte sagen uns, was als nächstes passieren kann, und befähigen uns, die Tragweite dessen zu verstehen, was tatsächlich als nächstes passiert; sie stellen Zusammenhänge zwischen den Ereignissen her.²³⁸

Auf dieser Grundlage entstanden im KI-Labor in Yale eine ganze Reihe weiterer experimenteller Programme, u. a. SAM (Script Applier Mechanism, Richard CULLINGFORD), ein Programm, das Geschichten, die vorgegebenen Skripten ähnelten (z. B. Zeitungsberichte über Verkehrsunfälle), lesen und dazu Fragen beantworten konnte, und FRUMP (Fast Reading, Understanding and Memory Programm, Jerry DE JONG), ein Programm, das Nachrichten von UPI zu bestimmten Themen zusammenfassen konnte, ohne sich (wie das recht langsame SAM) mit Folgerungen aufzuhalten.²³⁹ Dabei stellte sich ein weiteres Problem dieses Ansatzes heraus: „Wirkliches Verständnis erfordert die Fähigkeit, Zusammenhänge zwischen Informationspartikeln herzustellen, für die kein vorgefaßtes Regelset, kein Skript, existiert“, denn „echte Geschichten enthalten interessante Komplikationen und ungewöhnliche Konsequenzen.“ Um den Computer in die Lage zu versetzen, „mit der Welt umzugehen, auch wenn er kein passendes Skript hatte“, wurde dann der Versuch gemacht, „Strukturen zu entwickeln, die dem Computer erlauben, die *Pläne* und *Ziele* eines Protagonisten zu verstehen.“ Es entstanden PAM (Plan Applier Mechanism, Robert WILENSKY), ein Programm, das Geschichten aus der jeweiligen Sicht der Beteiligten nacherzählen konnte, und CYRUS (Computerized Yale Reasoning and Understanding System, Janet KOLODNER), „ein Speicherprogramm, das von FRUMP alle Nachrichten erhielt, das dieses über Cyrus Vance, den damaligen Außenminister finden konnte“, als „Versuch, allmählich das Gedächtnis einer bestimmten Person nachzubilden.“ Dieses Programm konnte Fragen beantworten, „zu denen es keine direkten Informationen besaß“ (z. B. antwortete das Programm auf die Frage, ob seine Frau je Frau BEGIN kennengelernt habe, mit „Yes, at a state dinner in Israel in January 1980“, weil das Programm in seinem Speicher ein Ereignis suchte, das im Heimatland einer der Beteiligten während eines Besuchs stattfand, den der andere in Begleitung seiner Frau unternahm). Mit jedem Programm tauchte allerdings „eine neue Gruppe ungelöster Probleme“ auf; die Programme wurden „immer komplizierter zu schreiben“ und es wurde deutlich, daß neben einer Repräsentation von Zielen und Plänen auch ein „Modell menschlicher Überzeugungen und Interaktionen“ und vor allem ein *dynamisches* Gedächtnis und die Fähigkeit zum Lernen

²³⁸A. a. O. S. 133. Professionelle Drehbuchautoren würden allerdings bei Ablieferung solcher Arbeiten wegen Erzeugung übergroßer Langeweile ihren Beruf aufgeben müssen (dafür, was nach denen, die ihren Beruf nicht verfehlt haben, alles so in Restaurants und Kneipen passieren kann, vgl. beispielsweise Filme wie *Life According to AGFA*, *Victor and Victoria*, *When Harry met Sally*, *Pulp Fiction* ...). Aber auch im „Normalfall“ wird in den „Skripten“ vieles nicht eingefangen, was zum Verständnis z. B. eines Restaurantbesuches gehört (etwa: Eigentum und Lohnarbeit, Warenwelt, Status, Luxus ...).

²³⁹FRUMP funktionierte bei den wenigen Ereignistypen, für die es Skripte hatte (z. B. Erdbeben), recht gut (mit durchaus computergemäßen Angaben wie „mit einer Stärke von 3.19999 auf der Richter-Skala“; a. a. O. S. 173), aber nicht perfekt: „it once reported a violent earthquake in the United States; the actual story had been about the assassination of San Francisco’s Mayor, which had ‚shaken America‘“ (Daniel CREVIER (1993), S. 171).

nötig sind (das „erfordert ein noch flexibleres Darstellungssystem als die, die wir bislang benutzt haben“; entsprechende Programme für ein umfassendes Verständnis der Alltagssprache stehen bis heute aus, SCHANK wandte sich einem anderen Gebiet zu, nämlich der Entwicklung von fallbasierten (im Gegensatz zu regelbasierten) Expertensystemen für hoch spezialisierte Bereiche).²⁴⁰

„Verstehen“ Programme „wirklich“ die Geschichten und Nachrichtentexte, wenn sie sie mehr oder weniger richtig paraphrasieren, mehr oder weniger korrekte Folgerungen ziehen, sie mehr oder weniger zutreffend vom Standpunkt einer bestimmten Person aus nach-erzählen? Das hängt selbstverständlich auch davon ab, wie „Verstehen“ definiert wird. Für SCHANK ist „Verstehen . . . ein Spektrum relativer Ebenen und Stufen“ vom bloßen „Erfassen“ (im Sinne von „Ja, ich sehe, was hier passiert, ich weiß, worum es geht“) bis zur „völligen Einfühlung“ („Mein Gott, das ist genau das, was ich getan haben würde, ich weiß genau, wie du dich fühlst“). Während nach SCHANK Computer „die höchsten Niveaus der menschlichen Einfühlung wohl nie erleben“ werden, nimmt er für die oben genannten Programme durchaus in Anspruch, daß sie dem Niveau des „Erfassens“ schon recht nahe kommen, und er prognostizierte, daß „in den nächsten zehn Jahren“ (also jetzt!) Computer erfolgreich einen Punkt erreichen, der „irgendwo in der Mitte des Spektrums“ liegt und den er „kognitives Verständnis“ nennt.²⁴¹

A.3 Kritische Einwände

Diese Einschätzung und der ganze Ansatz von SCHANK haben heftigen Widerspruch hervorgerufen – bei den bekannten KI-Gegnern, aber auch innerhalb der KI. Wohl die radikalste Kritik stammt von John R. SEARLE (vgl. den Abschnitt 6 von Teil 2), der schlicht bestreitet, daß nach dem Symbolverarbeitungsansatz entwickelte Computerprogramme überhaupt jemals Sprache wirklich „verstehen“ können – egal, wie gut sie einmal funktionieren werden. Die bloße Performanz, der „Output“, sagt darüber nichts, denn – so will er in

²⁴⁰SCHANK mit CHILDERS (1986), S. 143, 165 f., 177, 181 f., 184 ff. Nach SCHANK war CYRUS das „Programm, das vielleicht am besten illustriert, worauf wir eigentlich hinsteuern“ (a. a. O. S. 181). Dazu Daniel C. DENNETT (Philosoph und intimer Kenner der KI-Szene, vgl. Abschnitt 6.2 von Teil 2): „CYRUS konnte Tausende von Fragen korrekt beantworten – fast alles, was denkbar und fair war. Allerdings konnte man sehr rasch Fragen finden, die die Grenzen der Fassade deutlich machten. So fragte ich beispielsweise: ‚Haben Sie je ein weibliches Staatsoberhaupt kennengelernt?‘ Ich wollte wissen, ob CYRUS in der Lage war, Indira Gandhi und Margaret Thatcher als Frauen zu identifizieren. Aus irgendeinem Grund konnte das System diese Beziehung nicht herstellen und weder mit Ja noch mit Nein antworten. [. . .] Als ich im Frühjahr 1980 Schanks Laboratorium besichtigte, passierte etwas Erhellendes. Der wirkliche Cyrus Vance trat zurück, ein Schritt, der für das Programm CYRUS chaotische Folgen hatte. Das System war völlig unfähig, die Flut der ‚außergewöhnlichen‘ Nachrichten über Cyrus Vance zu verarbeiten. Die einzige Art Meldungen, die es verstand, waren die über diplomatische Treffen, Flüge, Pressekonferenzen, Staatsbankette und dergleichen, kaum zwei Dutzend Allerwelts-Aktivitäten (die Nachrichtenwert haben und typisch für die Tätigkeit eines Außenministers sind). Auf einen plötzlichen Rücktritt war das System nicht vorbereitet gewesen. Es war, als habe UPI gemeldet, eine böse Hexe habe Vance in einen Frosch verwandelt. Es ist durchaus möglich, daß CYRUS mit dieser Meldung besser fertiggeworden wäre als mit der tatsächlichen Nachricht.“ (DENNETT (1993), S. 56 f.) VANCE wurde dann durch MUSKIE ersetzt – in der Realität und im Programm (eine erstaunliche Leistung angesichts des Anspruchs, „das Gedächtnis einer bestimmten Person nachzubilden“).

²⁴¹A. a. O. S. 60, 63 f. Auf diesem mittleren Niveau sind Computer in der Lage, „einige der folgenden Dinge zu tun: 1. Lernen oder sich infolge seiner Erfahrungen verändern. 2. Aktuelle Erfahrungen intelligent mit früheren Erfahrungen verknüpfen, d. h. nützliche Vergleiche anstellen und wichtige und interessante Beziehungen herausgreifen. 3. Neue Informationen für sich selbst formulieren – zu seinen eigenen, erfahrungsgestützten Folgerungen kommen. 4. Sich selbst erläutern [und] mitteilen, warum er die Verbindungen geknüpft hat, die er geknüpft hat, und welche *Denkprozesse* an einer Schlußfolgerung beteiligt waren.“

seinem berühmten Gedankenexperiment vom „Chinesisch-Zimmer“²⁴² deutlich machen – bei den Programmen werden letztlich nur nach vorgegebenen formalen, syntaktischen Regeln Symbole manipuliert, und Syntax reicht für Semantik nicht aus; Programme können (wie Bücher) nur eine *verliehene*, abgeleitete, nicht aber eine *ursprüngliche* Intentionalität haben.

Hubert L. DREYFUS hat von Anfang an bezweifelt, daß solche Programme – über das experimentelle Stadium hinaus und außerhalb eng begrenzter Themenbereiche – jemals die versprochene Leistungsfähigkeit – nämlich ein umfassendes Alltagsverständnis – haben werden. Das gilt auch für den Ansatz von SCHANK, der nach DREYFUS auf der Grundannahme beruht, „daß die Gesamtheit menschlichen Tuns und Wissens im Gehirn als ein System von Überzeugungen dargestellt ist, das sich aus kontextunabhängigen einfachen Handlungen und Fakten zusammensetzt“. Aber die Übersetzung in die primitiven Aktionskonzepte (als einfachste Elemente zur Repräsentation von „Bedeutung“) ist keineswegs eindeutig, weil beispielsweise das, „was als physische Bewegung gilt“, von unseren Zwecken abhängt: „Wenn jemand bewegungslos im fahrenden Aufzug eines fahrenden Ozeandampfers steht, ist dann seine Standortveränderung vom Unter- zum Oberdeck eine PTRANS? was ist, wenn er einfach auf dem Oberdeck sitzt? Und sind die Erdbewohner nicht in ständiger Bewegung um die Sonne? Offensichtlich hängt die Antwort von der Situation ab, in der die Frage gestellt wird.“ Aber selbst wenn die Situation festgelegt ist und man sich zuvor über die relevanten Zwecke geeinigt hat, wird es kaum gelingen, z. B. in ein Restaurant-Skript soviel Details zu stecken, daß das Programm so einfache Fragen beantworten kann wie: „Trug die Kellnerin Kleider, als sie die Bestellung aufnahm? Ging sie vorwärts oder rückwärts? Hat der Gast sein Schnitzel mit dem Mund oder mit dem Ohr gegessen?“ Weiter besteht das grundsätzliche (auch von SCHANK gesehene, aber nicht gelöste) Problem, wodurch das für die Situation jeweils *passende* Skript vom Programm ausgewählt werden kann. Im Text vorkommende Schlüsselwörter oder auch die explizite Erwähnung, daß ein Restaurant betreten wird, nützen nicht allzu viel, denn „Telefonieren, auf einen Hilferuf reagieren, nach einem verlorenen Gegenstand suchen, nach einem Job fragen, Unterschriften für eine Petition sammeln, Reparaturarbeiten ausführen, zur Arbeit gehen, eine Besichtigung vornehmen, eine Bombe legen, ein Bankett vorbereiten, Schutzgeld für die Mafia kassieren, Geld für die Parkuhr wechseln, Zigaretten kaufen, sich vor der Polizei verstecken usw. – [sind] alles Tätigkeiten, die zum Betreten eines Lokals führen können, *ohne* daß damit die Absicht verbunden wäre, etwas zu essen.“²⁴³

Bedeutung und Verständnis hängen vom situativen Kontext ab, erst aus ihm und in seinem Licht ergibt sich die *Relevanz* der Fakten; aber wir haben auch die Fähigkeit, eine Situation *als* (neue oder einer anderen ähnliche) Situation zu erkennen. „In einem Skript sind die einfachen Handlungen und Tatsachen von vornherein festgelegt, während bei einer realen Episode das, *was als relevante Fakten zählt, von der Geschichte selbst abhängt*.“ Zwar nimmt SCHANK für ein Programm wie das o. g. FRUMP in Anspruch, daß es Texte verstehe, aber das „Programm bringt nicht einmal in Ansätzen das Urteilsvermögen auf, um einzuschätzen, welche die für eine Zusammenfassung der Geschichte relevanten Tatsachen sind, weil in diesem Programm Relevanz und Signifikanz vorher festgelegt werden. Deshalb hat es auch keinen Zugang zu der in einer Geschichte geschilderten Welt, in deren

²⁴²In der ersten Fassung (SEARLE (1980), S. 418, (1992), S. 228) bezieht er sich ausdrücklich auf die „Skripts“ und „Geschichten“ von SCHANK.

²⁴³DREYFUS (1985), S. 311, 305, 308 f.

Rahmen überhaupt erst Relevanz und Bedeutung festgelegt werden.“²⁴⁴ Daraus ergibt sich für DREYFUS ein das gesamte Unternehmen der KI grundlegend in Frage stellendes Dilemma:

Wenn es beim Ausräumen von Mehrdeutigkeiten in einer Hinsicht unendlich viele relevante Fakten gibt, so daß man vor der Interpretation zunächst eine Auswahl treffen muß, dann gibt es auch unendlich viele Fakten, die für das Erkennen eines Kontextes relevant sind. . . . Offensichtlich benötigen wir einen umfassenderen Kontext, um festzulegen, welche der unendlich vielen Merkmale relevant sind und wie man jedes einzelne deuten soll. Doch wenn umgekehrt das Programm die Maschine befähigen soll, den weiteren Kontext anhand *seiner* relevanten Merkmale zu identifizieren – und nur so kann ein Computer vorgehen, der mit diskreten Elementen arbeitet –, dann gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder muß der Programmierer davon ausgehen, daß einige Merkmale grundsätzlich relevant sind und eine kontextunabhängige feste Bedeutung haben . . . , oder der Programmierer ist zu einem unendlichen Rückgriff auf Kontexte gezwungen. Aus diesem Dilemma scheint es nur einen Ausweg zu geben: anstatt sich in der Hierarchie zu immer umfassenderen Kontexten hochzuarbeiten, muß sich der Computer von einem letzten, allgemeinsten Kontext herunterarbeiten . . .²⁴⁵

Unser allgemeinsten Kontext ist die menschliche Kultur, die Lebenswelt, unser „Immer-schon-in-der-Welt-sein“. Läßt sich das formalisieren und in ein Computerprogramm übertragen? Nach DREYFUS ist das völlig unmöglich, denn wegen dieses Verweises „auf einen Hintergrund von Lebenspraktiken“ muß „letztlich alles Verstehbare und alles intelligente Verhalten auf unser Gefühl dafür zurückgeführt werden, was wir *sind*, was diesem Argument zufolge unter Strafe eines Regresses zwangsläufig etwas ist, das wir niemals explizit *wissen* können.“ Unsere Fähigkeit, „die Sprache situationsgebunden zu gebrauchen“, kann „weder als willkürliche Aneinanderreihung neutraler, feststehender Elemente noch als regelgeleitete Verbindung solcher Elemente verstanden werden.“ Sie ist auch eine „motorische Fertigkeit“, und da „wir *körperliche* Wesen sind, können wir unsere Fähigkeiten, unsere Kompetenz in Leistung umsetzen,“ ohne explizit die Regeln dafür zu wissen, dank „dieser grundlegenden Fähigkeit kann sich ein körperliches Wesen in der Welt häuslich einrichten, so daß ihm die endlose Aufgabe erspart bleibt, alles zu formalisieren.“ Dies zu unterschätzen ist nach DREYFUS der grundlegende Fehler der (am Symbolverarbeitungsansatz orientierten) KI-Forschung, die von der Annahme ausgeht, „daß alles Seiende aus einer Menge von Tatsachen bestehe, die allesamt logisch voneinander unabhängig sind“ und „daß das gesamte relevante Wissen von der Welt, alles, was für ein intelligentes Verhalten

²⁴⁴A. a. O., S. 308 f. (vgl. auch DREYFUS & DREYFUS (1987), S. 117 ff.) In diesem Zusammenhang ist auch ein Beispiel von DREYFUS interessant, das SEARLE (1982, S. 149 ff.) im Kontext mit der Frage erörtert, ob sich unabhängig von gewissen Hintergrundannahmen die „wörtliche“ Bedeutung einer Äußerung fixieren läßt: „Nehmen wir beispielsweise an, daß der Hamburger, der mir gebracht wird, sich in einem einmetergroßen Würfel aus derart festem Plastik befindet, daß man einen Vorschlaghammer braucht, um ihn aufzubekommen, oder nehmen wir an, daß der Hamburger einen Kilometer groß ist und mir ‚überreicht‘ wird, indem die Mauer des Restaurants eingerissen wird und das eine Ende von ihm hereingeschoben wird. Ist meine Anweisung ‚Geben Sie mir einen Hamburger, höchstens halb durch, mit Ketchup und Senf, aber nur wenig Zwiebel und Gurke‘ in diesen Fällen erfüllt oder befolgt worden?“ Vgl. zum für das Verstehen von Sprache unerläßlichen „Hintergrund“ (der wohl kaum jemals hinreichend formalisiert werden kann) auch SEARLE (1987), S. 180 ff., (1993), S. 195 ff.

²⁴⁵DREYFUS (1985), S. 168 f. SCHANK setzt als Ausweg auf *lernende* Computersysteme, ggf. mit Sensoren und „eigenem“, experimentellem Zugang zur realen Welt. Aber Lernen ist auch immer Einordnung in und Modifikation von vorhandenem Wissen, und so warten umgekehrt die in der Robotik tätigen KI-Forscher auf eine Lösung des Problems der Wissensrepräsentation (vgl. Abschnitt 4 von Teil 1).

wesentlich ist, prinzipiell als eine Menge kontextunabhängiger, festgelegter Elemente analysierbar sein muß“ und somit „die Welt als eine strukturierte Menge von Beschreibungen dargestellt werden muß, die ihrerseits aus einfachsten Elementen zusammengesetzt sind“ (eine Annahme, die in den zwanziger und dreißiger Jahren als „Logischer Atomismus“ von Bertrand RUSSELL und dem frühen WITTGENSTEIN vertreten wurde und damals in der Philosophie eine gewisse Konjunktur hatte; vgl. den Abschnitt 3.3 von Teil 2).²⁴⁶

Die Programme von SCHANK haben Ende der siebziger und in den achtziger Jahren viel zu dem in der KI und in Teilen der Öffentlichkeit verbreiteten Glauben beigetragen, daß die Entwicklung sprachverstehender Computer in greifbarer Nähe liegt (inzwischen ist deutliche Ernüchterung eingetreten), und sie waren typisch für einen großen Teil der damaligen KI-Forschung: optimistisch, experimentell, pragmatisch – und ohne allzu großen theoretischen Ballast. Aber auch innerhalb der KI war sein Ansatz, der sich gegen die formale Logik und die generative Grammatik CHOMSKYS als zentrale Mittel zur maschinellen Analyse von Sprache wandte, von Anfang an nicht unumstritten.²⁴⁷ Es ist alles andere als plausibel, daß sich alle relevanten Bedeutungsunterschiede und -nuancen durch die Kombination von lediglich elf (!) primitiven Aktionskonzepten repräsentieren lassen,²⁴⁸ hinzu kommen die schon erwähnten Schwierigkeiten, das angemessene Skript automatisch auszuwählen, und das Verständnis der Bedeutung in Situationen und Kontexten, für die kein passendes Skript existiert. Zwar gehört es zu den unbestreitbaren Verdiensten der von SCHANK beeinflussten frühen KI-Semantik, daß sie (oberhalb der bloßen Kompetenzebene der generativen Grammatik) „erstmalig das Phänomen der natürlich-sprachlichen Bedeutung konsequent von ihrer kommunikativen Funktion her angegangen ist“, aber sie

²⁴⁶A. a. O. S. 323, 203 f., 106, 159. Den Kern dieser Kritik teilt mittlerweile auch Terry WINOGRAD, dessen Programm SHRDLU in den siebziger Jahren ebenfalls als Durchbruch auf dem Weg zum maschinellen Sprachverstehen gefeiert wurde: „Nicht einmal die ‚wörtliche‘ Bedeutung läßt sich auf Wahrheitsbedingungen reduzieren. Dieses Ziel ist letzten Endes unerreichbar und führt unvermeidlich in die Irre, dies haben GADAMER, HEIDEGGER, HABERMAS und andere deutlich gemacht. . . . Streichen wir nämlich beim Verstehen die Rolle der Interaktion, so stehen wir nicht vor dem Bedeutungskern, sondern halten Hülsen ohne Inhalt in der Hand. Die Bedeutung . . . läßt sich nur im Zusammenhang mit der verfolgten Absicht und dem Hintergrundbezug verstehen.“ (WINOGRAD & FLORES (1989), S. 187; vgl. auch Abschnitt 7 von Teil 2.) Zur Unterscheidung von „Wissen“ (*knowing that*) und „Können“ (*knowing how*) vgl. auch den Abschnitt 2.6 zu RYLE im Teil 2 sowie DREYFUS & DREYFUS (1987), S. 37 ff., 116 f. Zur Kritik WITTGENSTEINS an seiner eigenen atomistischen Auffassung im *Tractatus* vgl. *Philosophische Untersuchungen* §§ 46 ff.

Auch aus der Sicht der Soziologie sind die „typisierten Handlungszusammenhänge“, durch die „die soziale Wirklichkeit“ organisiert wird, „weder isolierte noch objektivierbare Welten“, vielmehr „sind sie ‚Verdichtungen‘ innerhalb eines Gesamtzusammenhanges, deren Inhalt und deren Grenzen permanent neu erzeugt und damit ständig verändert werden“ (Bettina HEINTZ (1993), S. 288).

²⁴⁷„It is to him that AI researchers owe the dubious demarcation that all are aware of but few openly recognize: the division of AI researchers into *neats* and *scruffies*. Neats, says Schank, wear well-ironed clothes and work on surface phenomena like logic and syntax, which they can understand and put into cozy little boxes. Scruffies dress haphazardly and love dealing with messy problems like semantics.“ (Daniel CREVIER (1993), S. 168)

²⁴⁸Die These, „daß Sätze dann und nur dann die gleiche Bedeutung haben, wenn sie sich in die gleichen primitive-Aktion- und Zustandsänderung-Frames auflösen“ (wie z. B. die Sätze „Suzie tröstete Robbie“ und „Suzie tat etwas, um Robbie glücklich zu machen“), „ist eine äußerst anspruchsvolle, heftig umstrittene Annahme. Einige verneinen, daß primitive-Aktion- und Zustandsänderung-Frames wirklich gute kanonische Formen sind, um die Bedeutungen von Sätzen zu beschreiben. Andere bestreiten, daß selbst dann, wenn sie sich als gute kanonische Form erweisen, es immer noch keinen Grund zu glauben gibt, daß es eine Prozedur gäbe, die Sätze mit der gleichen Bedeutung in Beschreibungen der gleichen primitiven Aktionen und Zustandsänderungen umwandeln wird. Und wieder andere, kümmern sich nicht darum, weil sie meinen, daß das Erkennen von Paraphrasen nur ein kleiner, ziemlich unbedeutender Teil der Motivation von Alltagswissen ist.“ (WINSTON (1987), S. 289 f.)

ist dabei „eindeutig gescheitert.“ Zum einen zeigte sich, „daß die Aufgabenstellung der Semantikkonstruktion unterschätzt wurde, insbesondere die *Wichtigkeit grammatischer Information* und der grammatischen Analyse für die Ermittlung des semantischen Wertes“, zum anderen sind die Komplexität und die Kontrolle der Schlußfolgerungen ungelöste Probleme (nicht nur) dieses Ansatzes. Gegen die kombinatorische Explosion der Inferenzen bei MARGIE sollten Skripte helfen, gegen deren Unzulänglichkeiten „generellere heuristische Mittel“ wie Plan- und Zielerkennungsstrategien (die „Kontrolle von Inferenzen auf dieser Ebene ist ein zentrales Thema in der Wissensverarbeitung; es ist generell noch nicht zufriedenstellend gelöst“).

Für die in diesem Abschnitt vorgestellten Formalismen (semantische Netze, Rahmen, Skripte) ergibt sich zusätzlich eine noch grundsätzlichere Schwierigkeit: „Wenn Operationen über einem Formalismus ausschließlich als syntaktische Symbolmanipulationsregeln gegeben sind, ist es in der Regel unmöglich, die Effekte eines solchen Regelsystems hinreichend zu durchschauen: Es gibt im allgemeinen kein Verfahren, zu erkennen, ob [erstens] ein gewünschtes Resultat (d. h. konkret, eine bestimmte nicht unmittelbar gegebene Bedeutungsrepräsentation) durch den Formalismus grundsätzlich überhaupt erzielt werden kann (*Vollständigkeit*), ob [zweitens] der Formalismus nicht unerwünschte Repräsentationen ableitet (*Korrektheit*), und ob er [drittens] überhaupt in sich widerspruchsfrei ist (*Konsistenz*). ... Tatsächlich hat sich herausgestellt, daß semantische Verarbeitungssysteme des hier betrachteten Typs generell sehr wenig verlässlich sind. Es hat sich darüber hinaus als völlig unmöglich erwiesen, auf dieser Basis die Auswertung von semantischen Inhalten zu leisten, die negative, konditionale, alternative, modale, temporale und – im Sinne der formalen Logik – quantifizierte Aussagen enthält.“²⁴⁹

A.4 Neuere Ansätze aus der Linguistik und Sprachphilosophie

Zur Lösung der Probleme im Zusammenhang mit der Kontrollierbarkeit der Schlußfolgerungsprozesse ist es nötig, auch die Formalismen zur Repräsentation der Semantik selbst – nach dem Vorbild der oben kurz vorgestellten Prädikatenlogik erster Stufe – als durchgehend formalisierte Sprache zu formulieren und ihre Korrektheit und Vollständigkeit zu beweisen. Trotz vieler Nachteile der Prädikatenlogik – sie ist unentscheidbar, es gibt keine automatische Prozedur zur Übersetzung eines natürlich-sprachlichen Satzes in „seine logische Form“,²⁵⁰ sie ist nicht ausdrucksstark und flexibel genug für die Bedeutungsstruktur

²⁴⁹Manfred PINKAL (1993), S. 434 ff. Korrektheit und Vollständigkeit sind auch zentrale (und gut untersuchte) Probleme bei der Entwicklung von Programmiersprachen. Für den Bereich der Wissensrepräsentation hat das zur Entwicklung spezieller Programmiersprachen geführt (beispielsweise KL-ONE, vgl. z. B. Harald TROST (1986), S. 66 ff.), bei denen die Vorteile von semantischen Netzen, Rahmen und Konzepten mit einer strengen formalen Semantik (als Teil der Prädikatenlogik erster Stufe) verbunden werden sollen (in milder Form haben semantische Netze und Rahmen auch in Gestalt der „objektorientierten Programmierung“ allgemeine Verbreitung in der Informatik erfahren; in LOGO lassen sich bestimmte Grundideen von semantischen Netzen und Rahmen verhältnismäßig einfach durch die *Property*-Listen realisieren).

²⁵⁰Für die Problematik schon im Bereich der Aussagenlogik vgl. den Abschnitt 3 von der *Einführung in die Aussagenlogik* (Unterrichtsmaterial zum Modul 2); die Schwierigkeiten bei der Prädikatenlogik sind selbstverständlich noch viel gravierender (beispielsweise ist die prädikatenlogische Handhabung von „ein“ in den folgenden Sätzen völlig unterschiedlich: „Ein Delphin ist ein Säugetier“, „Peter sucht ein Messer“ (irgendeins oder ein bestimmtes?), „Ein Hemd gibt es umsonst, wenn Sie zwei kaufen.“). Weiter ist die Prädikatenlogik nur in deskriptiven und „extensionalen“ Bereichen (s. o. S. 104) sowie bei streng *deduktiven* Schlüssen eine einigermaßen überzeugende Lösung; die Formalisierung anderer Sprechakte und modalen, deontischer, epistemischer, kausaler, temporalen Aussagen sowie induktiver und abduktiver (allgemein:

der natürlichen Sprache, „Bedeutung“ wird reduziert auf modelltheoretische *Referenz*, es handelt sich um eine reine *Satzsemantik* – sind damit in den letzten Jahren die Prädikatenlogik und neue (in jüngerer Zeit in der Linguistik und Sprachphilosophie entstandene), auf ihr aufbauende, sie modifizierende und erweiternde Semantikformalismen wieder mehr in den Mittelpunkt des Interesses der sprachverarbeitenden KI gerückt. Dazu gehören:

- die MONTAGUE-Grammatik,
- die Diskursrepräsentationstheorie,
- die Situationssemantik.

A.4.1 Montague-Grammatik

Bei formalisierten Sprachen (Mathematik, formale Logik, Programmiersprachen) ergibt sich per Konstruktion dieser Sprachen die Bedeutung eines zusammengesetzten Ausdrucks eindeutig aus den Bedeutungen der Teilausdrücke und ihrer syntaktischen Anordnung (Kompositionalitätsprinzip). Deswegen ersetzt man bei allen Fragen, bei denen es um eine präzise Bestimmung der Gleichheit oder Differenz von Bedeutungen, um Wahrheit und logische Folgerichtigkeit sowie deren mechanische Prüfung geht, natürlichsprachliche Ausdrücke gerne durch solche einer formalisierten Sprache. Ein zentrales Problem bei der üblichen Übersetzung von Ausdrücken der natürlichen Sprache in die der Prädikatenlogik erster Stufe (PL1) ist die große Diskrepanz zwischen grammatikalischer und logischer Form.

Linguisten analysieren beispielsweise bei den Sätzen (1) „*Diese Katze* ist grau“, (2) „*Einige Katzen* miauen“, (3) „*Eine Katze* ist ein Säugetier“ den kursiven Teil jeweils als Nominalphrase NP (dann weiter aufgeteilt in Det N usw.).²⁵¹ Für Logiker ist eine solche einheitliche Analyse der Satzanfänge als NP völlig unzureichend, denn bei der Wahrheitsanalyse und für logische Schlüsse muß unterschieden werden, daß es sich beim ersten Satz um einen Eigennamen, beim zweiten um eine Existenz- und beim dritten um eine (versteckte) Allquantifikation handelt, also: (1) $G(k)$, (2) $\exists x(K(x) \wedge M(x))$, (3) $\forall x(K(x) \rightarrow S(x))$. Dagegen werden „ist grau“, „miauen“ und „ist ein Säugetier“ einheitlich als einstelliges Prädikat behandelt, eine Differenzierung in Substantive, Adjektive und Verben findet nicht statt. Eine solche Analyse, bei der zentrale Kategorien und Funktionen der natürlichen Sprache einfach verschwinden, ist wiederum für Linguisten völlig unakzeptabel. Außerdem lassen sich auch kaum genaue Regeln für die Übersetzung in die PL1 angeben: „Fritzi ist eine schwarze Katze“ wird prädikatenlogisch zerlegt in „Fritzi ist eine Katze und Fritzi ist schwarz“, „unbekannt“ in „nicht bekannt“, bei „Schmidt ist ein ehemaliger Bundeskanzler“ und „unerhört“ ist das völlig unangemessen. Hinzu kommt, daß die Mittel der PL1 für viele sprachliche Differenzierungen wie Prädikatsmodifikatoren („Fritzi lernt schnell“) oder bestimmte Quantifizierungen („die meisten Katzen“) zu grob sind. Zusammenfassend gibt es also zwei Probleme: Erstens besteht eine große Kluft zwischen den linguistischen und den logischen Analyseinteressen und Methoden, zentrale Prinzipien und Differenzierungen der einen Seite werden durch die Formalismen der jeweils anderen Seite nicht erfaßt. Zweitens gibt es keine klaren Regeln zur Übersetzung von Ausdrücken der natürlichen Sprache

nicht-monotoner) Schlüsse stößt auf größere Schwierigkeiten (mehr zur formalen Logik im Abschnitt 32).

²⁵¹Vgl. oben die Abschnitte 5 und 6 im Unterrichtsmodul 2.

in die PL1, bei der Behandlung von Verneinungen, Quantifizierungen, Konjunktionen, bei der Identifizierung von Prädikaten und Junktoren usw. sind sprachliche Intuitionen eines kompetenten Sprechers nötig (und die formale Logik wurde ja gerade entwickelt, um in ihrem Bereich solche Intuitionen durch präzise, kontrollierbare Regeln zu ersetzen).

Zur Lösung beider Probleme, um den erreichten logischen Standards und zugleich den linguistischen Interessen (nämlich das Funktionieren einer tatsächlichen natürlichen Sprache zu verstehen, nicht das einer Kunstsprache, durch die sie ersetzt wird) gerecht zu werden, hat Richard MONTAGUE als Brückenschlag die Verbindung und den parallelen Aufbau einer Kategorialgrammatik und einer erweiterten intensionalen Logik mit modelltheoretischer Interpretation vorgeschlagen. Erstens werden dabei ausgehend von den beiden Grundkategorien *Name* und *Satz* der Wortschatz und die Phrasen der natürlichen Sprache in grammatikalische Kategorien eingeteilt. So ist z. B. ein intransitives Verb dadurch gekennzeichnet, daß in der Zusammensetzung mit einem Namen ein Satz entsteht („Fritzi schnurrt“), ebenso Nomen; transitive Verben ergeben einen Satz, wenn man sie zweimal mit einem Namen verbindet; Adverbien mit Verben ergeben Verben („schnell lernen“); Satzmodifikatoren wie „immer“ ergeben mit Sätzen wieder Sätze, Präpositionen zusammen mit Namen Satzmodifikatoren („auf Sylt“) usw.²⁵²

Zweitens werden, ausgehend von den beiden semantischen Grundtypen *entity* (*e*) und *truth value* (*t*), parallel dazu den Wörtern und Phrasen semantische Typen zugeordnet. So ist z. B. der semantische Typ für ein intransitives Verb dadurch gekennzeichnet, daß sich, wenn es angewandt wird auf den Namen eines Elementes des Gegenstandsbereiches, der Wahrheitswert des entsprechenden Satzes ergibt, bei intransitiven Verben sind dafür zwei Elemente nötig, Artikel zusammen mit einem Nomen benennen ein Element usw. wie oben. Formal wird das so notiert, daß ein Ausdruck vom Typ $\langle a, b \rangle$ zusammen mit einem Ausdruck vom Typ *a* einen vom Typ *b* ergibt. Den Kategorien Namen, Sätze, intransitive Verben, transitive Verben, Adverbien, Satzmodifikatoren, Präpositionen entsprechen dann beispielsweise (in dieser Reihenfolge) die Typen e , t , $\langle e, t \rangle$, $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$, $\langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$, $\langle t, t \rangle$, $\langle e, \langle t, t \rangle \rangle$.

Wie weiter oben dargestellt (s. o. S. 102), werden in einer modelltheoretischen Semantik durch eine *Interpretation* den sprachlichen Ausdrücken *Extensionen* zugeordnet, und zwar den Namensausdrücken einzelne Elemente aus der zur Interpretation gehörenden Grundmenge (Gegenstandsbereich), den Prädikatsausdrücken Teilmengen bzw. Mengen von Paaren, Tripeln usw. der Elemente der Grundmenge, den Sätzen einer der beiden Wahrheitswerte „wahr“ oder „falsch“. Bei einer intensionalen Semantik (s. o. S. 105) wird ein ganzes Universum „möglicher Welten“ mit ihren jeweiligen Gegenstandsbereichen angenommen und den sprachlichen Ausdrücken der Verlauf der Extensionen in den „möglichen Welten“ als *Intension* zugeordnet (d. h. Intensionen sind jeweils Funktionen mit der Menge der „möglichen Welten“ als Definitionsbereich und den jeweiligen Extensionen als Werten). Da dieser Zusammenhang eindeutig ist, kann man einerseits sagen, daß die Intension die Extension (in den „möglichen Welten“) bestimmt, andererseits ist die Intension eine Funktion der Extensionen in den „möglichen Welten“.²⁵³ So bestimmt die inhaltliche Bedeutung von „der Bundeskanzler“ die Referenz in der aktuellen Welt, und sie bestimmt,

²⁵²Häufig wird das in der Linguistik so notiert, daß ein Ausdruck von der Kategorie x/y zusammen mit einem Ausdruck von der Kategorie *y* einen Ausdruck von der Kategorie *x* erzeugt. Namen, Sätze, intransitive Verben, transitive Verben, Adverbien, Satzmodifikatoren, Präpositionen gehören dann (in dieser Reihenfolge) zu den Kategorien n , s , s/n , $(s/n)/n$, $(s/n)/(s/n)$, s/s , $(s/s)/n$.

²⁵³Um auch Sätze mit indexikalischen Ausdrücken wie „ich“, „du“, „hier“, „jetzt“ behandeln zu können,

wer oder was es in anderen „möglichen Welten“ sein könnte, z. B. Heide Simonis, aber nicht ein Stein, ein Pferd oder Winnetou; umgekehrt könnte man sagen, daß die Bedeutung (Intension) von „der Bundeskanzler“ gerade dadurch charakterisiert ist, wer oder was das in allen „möglichen Welten“ sein kann. Entsprechend kann man sagen, daß die Bedeutung eines Satzes – verstanden als Wissen, unter welchen Umständen („möglichen Welten“) er wahr ist und unter welchen nicht – den Wahrheitswert in jeder „möglichen Welt“ bestimmt, oder daß andersherum die Intension gerade dadurch festgelegt ist, in welchen „möglichen Welten“ er wahr und in welchen er falsch ist. Ganz analog spezifizieren Prädikate die Mengen der Gegenstände, auf die sie zutreffen, umgekehrt kann man sie durch ihre „charakteristische Funktion“ kennzeichnen, die zu den Gegenständen angibt, welcher Wahrheitswert sich jeweils ergibt, wenn man das Prädikat auf sie anwendet. Nach dieser Konzeption kann man also bei allen Ausdrücken immer von der Ebene ihrer Intension zu der ihrer Extension wechseln und umgekehrt.

Vom Standpunkt der Grammatik haben alle Nominalphrasen NP dieselbe Funktion, nämlich zusammen mit einer Verbalphrase VP einen *Satz* zu bilden. Semantisch gesehen teilt eine NP die dazu möglichen Verbalphrasen in zwei Gruppen ein, je nachdem, ob (relativ zu einer bestimmten „möglichen Welt“) wahre oder falsche Sätze entstehen. D. h. die NP ist ein „Prädikatenprädikat“, eine Funktion, die den Prädikaten der Verbalphrasen (die Funktionen sind, die Gegenständen Wahrheitswerte zuordnen) Wahrheitswerte zuordnet, sie hat also den Typ $\langle\langle e,t \rangle, t \rangle$ (zusammen mit einem Prädikat vom Typ $\langle e,t \rangle$ entsteht ein Ausdruck vom Typ t). Eine linguistisch adäquate Logik muß also alle Nominalphrasen (in logischer Hinsicht z. B. Eigennamen, Kennzeichnungen oder unterschiedliche Quantorenausdrücke) einheitlich als vom Typ $\langle\langle e,t \rangle, t \rangle$ behandeln. Bei Namen geschieht das durch den Gedanken, daß ein Individuum durch die Summe seiner Eigenschaften charakterisiert wird, umgekehrt hat nur dieses Individuum genau diese Eigenschaften (sonst wären zwei Individuen nicht unterscheidbar). Damit ist die Extension eines Namens die Menge aller Mengen, die den bezeichneten Gegenstand enthalten, sein semantischer Typ also $\langle\langle e,t \rangle, t \rangle$.²⁵⁴ Entsprechend ist die Extension von „eine Katze“ die Menge aller Mengen, die mindestens eine Katze enthalten, die von „jede Katze“ die Menge aller Mengen, die alle Katzen und möglicherweise etwas anderes enthalten (also z. B. die Menge der Säugtiere).²⁵⁵ Auch in diesen beiden Fällen ist also der semantische Typ $\langle\langle e,t \rangle, t \rangle$.

Wenn „jede Katze“ vom Typ $\langle\langle e,t \rangle, t \rangle$ ist und „Katze“ vom Typ $\langle e,t \rangle$, muß „jede“

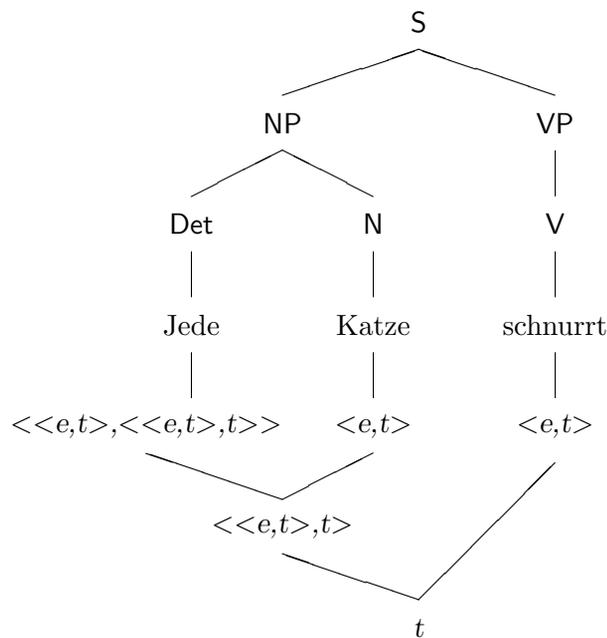
werden bei MONTAGUE die „möglichen Welten“ noch durch Indizes für Sprecher, Hörer, Raum- und Zeitangaben differenziert. Bei all dem darf man aber nicht übersehen, daß für die genannten Funktionen in der Modelltheorie in der Regel im besten „platonischen“ Verständnis der Mathematik nur die *Existenz* bewiesen wird, nicht aber effektive Prozeduren für ihre konkrete Bestimmung angegeben werden. D. h. es wird gesagt, so *könnte* eine Bedeutungstheorie für natürliche Sprachen aussehen, für einen nennenswerten Teil einer natürlichen Sprache wirklich *durchgeführt* ist das damit noch nicht.

²⁵⁴Das ist ungewohnt: „Fritzi ist schwarz“ ist in der PL1 genau dann wahr, wenn Fritzi ein Element der schwarzen Gegenstände ist. Hier ist es umgekehrt: Der Satz ist genau dann wahr, wenn die Menge der schwarzen Gegenstände Element der zu „Fritzi“ gehörenden Menge (nämlich der Menge der Mengen, die Fritzi enthalten) ist. Wenn man dann noch wie MONTAGUE zusätzlich zu den „möglichen Welten“ Mengen von mehrdimensionalen, nach Zeit, Ort, Sprecher, Hörer usw. differenzierten „Referenzpunkten“ unterscheidet, macht es – im Falle eines transitiven Verbes, also eines zweistelligen Prädikats – tatsächlich „einige Schwierigkeiten zu verstehen, daß die Intension von ‚lieben‘ eine Funktion aus einer Funktion aus Referenzpunkten in Gegenstände in eine Funktion aus einer Funktion aus Referenzpunkten in Gegenstände in eine Funktion aus Referenzpunkten in Wahrheitswerte ist“ (Dieter WUNDERLICH (1974), S. 263).

²⁵⁵Zu den immensen Schwierigkeiten, die entstehen, wenn man solche Mengen nicht bloß postuliert, sondern konkret angeben will, vgl. oben auf S. 113 ff. die Ausführungen zur Komponentenanalyse.

vom Typ $\langle\langle e,t\rangle,\langle\langle e,t\rangle,t\rangle\rangle$ sein, eine Funktion, die nacheinander auf zwei Mengen (im Beispiel die Extension von „Katze“ und die des folgenden Prädikats) angewandt wird und als Resultat einen Wahrheitswert liefert, also eine Relation zwischen den beiden Mengen. Insgesamt erhält der Satz genau dann den Wahrheitswert „wahr“, wenn die erste Menge eine Teilmenge der zweiten ist (bei „eine Katze“, wenn die Schnittmenge nicht leer ist). Auf diese Weise lassen sich anders als in der PL1 noch viele weitere Quantoren behandeln, z. B. „mindestens fünf“ dadurch, daß der Satz den Wert „wahr“ erhält, wenn die Schnittmenge mehr als fünf Elemente enthält.

Mit dieser Behandlung von Namen, Prädikaten und Quantoren ist – wie die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt – ein wesentliches Ziel erreicht: analog zur grammatikalischen Analyse und mit deren Resultaten erfolgt die logische Analyse. „Jede Katze schnurrt“ wird (über den Zwischenschritt NP VP) zerlegt in Det N V, dem entspricht $\langle\langle e,t\rangle,\langle\langle e,t\rangle,t\rangle\rangle \langle e,t\rangle \langle e,t\rangle$, daraus wird (über den Zwischenschritt $\langle\langle e,t\rangle,t\rangle \langle e,t\rangle$) ein Wahrheitswert t .



Die MONTAGUE-Grammatik ist sehr viel ausdrucksstärker und damit linguistisch adäquater als die PL1, Beispiele sind die oben angeführten Satz- und Prädikatmodifikatoren und die erweiterte Palette von Quantoren. Der Preis dafür ist, daß hier – im Gegensatz zur PL1, wo nur über Individuen quantifiziert wird – Mengen von Mengen gebildet werden und über sie quantifiziert wird, es handelt sich also um eine Typenlogik zweiter Stufe. Der große Nachteil solcher Logiken höherer Stufe ist die größere Komplexität und die sehr viel schlechtere kalkülmäßige Handhabbarkeit bei der Kontrolle der Ableitungen und Folgerungen (technisch gesprochen sind solche Logiken nicht nur nicht entscheidbar wie auch die PL1, sondern die Menge der gültigen Formeln ist anders als bei der PL1 auch nicht mehr rekursiv aufzählbar). Um zumindest den Teil der Typenlogik, der, anders als die zu Beginn des Absatzes genannten Beispiele, nicht über die PL1 hinausgeht, für kontrollierte und transparente Schlußfolgerungsprozesse (genau dafür wurde die PL1 entwickelt)

zu nutzen, kann man den von CHURCH entwickelten λ -Kalkül verwenden. Er ermöglicht die Darstellung von Prädikaten als intensionale Objekte, d. h. durch ihre „charakteristischen Funktionen“. Dazu wird der λ -Operator verwendet: wenn T ein Term mit einer freien Variablen x ist, dann ist $\lambda x(T(x))$ die Funktion, die jedem Gegenstand n den Wert $T(n)$ zuordnet. Mit $\lambda x(K(x))$ für die Eigenschaft, eine Katze zu sein, und mit f für Fritzi entspricht dann $\lambda x(K(x))(f)$ der Aussage, daß Fritzi eine Katze ist.

Diese Art der Darstellung hat gegenüber der Standarddarstellung in der PL1 einige Vorteile (deshalb wird sie auch in der Programmiersprache LISP benutzt). Z. B. lassen sich Funktionen und Prädikate definieren, ohne für sie eigene Namen einzuführen: Der Eigenschaft graue-Katze entspricht $\lambda x(G(x) \wedge K(x))$, zu lesen als „ein x sein, das grau und eine Katze ist“. Mit dem λ -Operator kann man nicht nur Individuenvariablen (Typ e) binden, sondern beliebige Variablen vom Typ a in einem Ausdruck vom Typ b (damit entsteht ein Ausdruck vom Typ $\langle a, b \rangle$), also auch Variablen für Prädikate. Mit P und Q als Variablen für beliebige Prädikate läßt sich dann z. B. „jede“ logisch durch $\lambda P \lambda Q \forall x (P(x) \rightarrow Q(x))$ repräsentieren, gemäß der Überlegung weiter oben, daß P und Q so beschaffen sein müssen, daß bei einer Ersetzung durch konkrete Prädikate die Menge der Gegenstände, auf die das erste zutrifft, eine Teilmenge der Menge der Gegenstände ist, auf die das zweite zutrifft, daß also für alle Gegenstände gilt, daß auch das zweite Prädikat auf sie zutrifft, wenn das erste auf sie zutrifft, damit eine wahre Aussage entsteht.

Die Verbindung zur Standardform der PL1 wird durch die λ -Konversion erreicht. Vereinfacht gesagt ist das eine Regel, die erlaubt, die Verbindung eines λ -Ausdrucks mit einem passenden anderen Ausdruck durch einen Ausdruck zu ersetzen, der dadurch entsteht, daß man beim ersten Ausdruck den λ -Operator wegläßt und die Variablen durch den zweiten Ausdruck ersetzt: aus $\lambda x(K(x))(f)$ wird $K(f)$, aus $\lambda P \lambda Q \forall x (P(x) \rightarrow Q(x))(K)(S)$ wird $\forall x (K(x) \rightarrow S(x))$. Damit ist das zweite Ziel erreicht, nämlich eine von der syntaktischen „Oberfläche“ eines natürlichsprachlichen Satzes ausgehende Übersetzung in die formalisierte Sprache der PL1 mit den Schritten:²⁵⁶

²⁵⁶Selbstverständlich ist das „im wirklichen Leben“ nicht annähernd so einfach wie bei diesem Beispiel: die Sätze der natürlichen Sprache müssen häufig desambiguiert werden, man braucht ein detailliertes Lexikon, in dem nicht nur die syntaktischen Kategorien, sondern auch semantisch relevante Informationen wie Synonymie, Hyperonymie und Unverträglichkeit aufgeführt werden müssen. Dazu aufgestellte „Bedeutungspostulate“ wie „Männer und Frauen sind immer erwachsen“ führen dann wieder zu den in der letzten Anmerkung angeführten Schwierigkeiten usw. usf. Richard MONTAGUE hat bis zu seiner Ermordung im Jahre 1971 seine Ansätze nur in kurzen, hochkonzentrierten und für Laien kaum lesbaren Aufsätzen vorgestellt (die Ausarbeitung erfolgte durch andere). Franz von KUTSCHERA (1975, S. 222–261) skizziert den systematischen Aufbau dieser „logischen Grammatik“ und gibt viele Analysebeispiele natürlichsprachlicher Sätze. Wolfgang STEGMÜLLER (1979, S. 35–64) expliziert und kommentiert (sehr wohlwollend; vgl. dagegen oben S. 108 ff. PUTNAMS Skepsis gegenüber der „kalifornischen Semantik“) MONTAGUES Ansatz und Grundprinzipien als den historisch ersten wirklichen Brückenschlag zwischen Logik und Linguistik. Philip JOHNSON-LAIRD (1983, S. 167–181) gibt eine sehr klare Darstellung der Grundzüge des technischen Apparates und eine kritische Einschätzung aus der Sicht der kognitiven Psychologie, Manfred PINKAL (1993, S. 442–462) macht dasselbe aus der Sicht der KI. W. John HUTCHINS & Harold L. SOMERS (1992, S. 279–296) stellen das maschinelle Übersetzungssystem ROSETTA aus dem Forschungslabor von Philips vor, das bei der Analyse der Eingabesätze in eine Interlingua-Repräsentation und bei der Generierung der Ausgabe auf der MONTAGUE-Grammatik beruht, allerdings ohne dabei auch die modelltheoretische Semantik zu nutzen.

Jede Katze schnurrt			
Det	N	V	(syntaktische Analyse)
$\langle \langle e, t \rangle, \langle \langle e, t \rangle, t \rangle \rangle$	$\langle e, t \rangle$	$\langle e, t \rangle$	(semantische Typen)
$\lambda P \lambda Q \forall x (P(x) \rightarrow Q(x))$	(K)	(S)	(Repräsentation im λ -Kalkül)
$\forall x (K(x) \rightarrow S(x))$			(Repräsentation in der PL1)

A.4.2 Diskursrepräsentationstheorie

In der Prädikatenlogik werden Nominalphrasen mit unbestimmtem Artikel als Existenzquantifikation und mit bestimmtem Artikel als Kennzeichnung behandelt.²⁵⁷ Bei fortlaufenden Diskursen und Texten wie

Mary hört ein Geräusch. Eine Katze liegt auf einer Matte. Sie schnurrt.

haben sie aber eine etwas andere Funktion. Mit „*ein Geräusch*“, „*eine Katze*“ und „*einer Matte*“ werden neue, bisher nicht benannte und beschriebene, Gegenstände und Ereignisse in den Diskurs bzw. in den Kontext der weiteren Sätze eingeführt, auf die dann später, wie bei „*Sie*“, Bezug genommen werden kann. Würde der mittlere Satz „*Die Katze liegt auf einer Matte*“ oder „*Eine Katze liegt auf der Matte*“ lauten, läge der Fall anders: Diese Sätze wären nur sinnvoll, wenn schon vorher von einer Katze oder einer Matte die Rede war bzw. sich aus der Situation eindeutig ergibt, worauf sich die Nominalphrasen mit dem bestimmten Artikel jeweils beziehen. Dabei wird aber nicht wie bei Kennzeichnungen eine Einzigkeit behauptet, sondern die Nominalphrasen haben in diesem Fall einen anaphorischen Bezug – wie bei Pronomen, der dritte Satz könnte ebenso gut „*Die Katze schnurrt*“ lauten. Beide Funktionen indefiniter und definiter Nominalphrasen lassen sich mit der traditionellen Prädikatenlogik, die mit ihren Formeln die Satzgrenzen nicht überschreitet, nicht adäquat modellieren.

Zur Lösung dieser Probleme im Rahmen einer *Textsemantik* wurden Anfang der achtziger Jahre die Grundgedanken der Diskursrepräsentationstheorie unabhängig voneinander von der Linguistin Irene HEIM und dem Logiker Hans KAMP entwickelt. Dabei wird als semantische Repräsentation eines ganzen Textes schrittweise eine Diskursrepräsentationsstruktur (DRS) aufgebaut. Eine solche DRS besteht aus zwei Teilen, aus der Menge der Diskursreferenten ($x_1, x_2, x_3 \dots$) und der Menge der Bedingungen für sie (z. B. Prädikationen und Relationen). Ausgehend von einer leeren DRS wird sie, unterstützt durch die syntaktische Analyse der Sätze, Satz für Satz nach bestimmten Regeln erweitert: Bei Eigennamen wird ein neuer Diskursreferent eingeführt und im Bedingungsteil die Identität notiert, bei einer Nominalphrase mit unbestimmtem Artikel wird ebenfalls ein neuer Diskursreferent eingeführt und die entsprechende Prädikation hinzugefügt, bei Personalpronomen wird ein neuer Referent eingeführt und unter den schon vorhandenen einer ausgewählt, und die Gleichheit von beiden wird der Menge der Bedingungen hinzugefügt (alternativ kann man

²⁵⁷ „*Eine Katze ...*“ wird analysiert als: es gibt mindestens ein x , für das gilt, x ist eine Katze und \dots , „*der Bundeskanzler ...*“ wird analysiert als: es gibt ein und nur ein x , das Bundeskanzler ist und \dots ; d. h. Kennzeichnungen wie „*der Bundeskanzler*“ oder „*der Autor der Blechtrommel*“ setzen voraus, daß – anders als bei „*der König von Frankreich*“ und „*der Autor der Bibel*“ – genau ein Gegenstand existiert, auf den sie zutreffen. Neben dieser Analyse bestimmter und unbestimmter Nominalphrasen gibt es versteckte Allquantifikationen wie „*Der/ein Löwe ist ein Säugetier*“ und Zahlenangaben („*Ein Bier trink ich noch*“).

auch den neuen Referenten streichen und bei den Bedingungen durch den alten ersetzen), ähnlich bei Nominalphrasen mit bestimmtem Artikel. Am Beispiel unserer Kurzgeschichte läßt sich die DRS für den ersten Satz, für die beiden ersten Sätze und für alle drei so darstellen:

$x_1 \ x_2$ $x_1 = \text{Mary}$ $\text{Geräusch}(x_2)$ $\text{hören}(x_1, x_2)$	$x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4$ $x_1 = \text{Mary}$ $\text{Geräusch}(x_2)$ $\text{hören}(x_1, x_2)$ $\text{Katze}(x_3)$ $\text{Matte}(x_4)$ $\text{liegen.auf}(x_3, x_4)$	$x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5$ $x_1 = \text{Mary}$ $\text{Geräusch}(x_2)$ $\text{hören}(x_1, x_2)$ $\text{Katze}(x_3)$ $\text{Matte}(x_4)$ $\text{liegen.auf}(x_3, x_4)$ $x_5 = x_3$ $\text{schnurren}(x_5)$	$x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4$ $x_1 = \text{Mary}$ $\text{Geräusch}(x_2)$ $\text{hören}(x_1, x_2)$ $\text{Katze}(x_3)$ $\text{Matte}(x_4)$ $\text{liegen.auf}(x_3, x_4)$ $\text{schnurren}(x_3)$
--	---	---	--

Es gibt eine Reihe weiterer Regeln, z. B. für Konditionalsätze, allquantifizierte Nominalphrasen und Negationen, die zu untergeordneten DSRen führen, zu „Kästen im Kasten“, für die spezielle Regeln bei der Behandlung und Ersetzung der Diskursreferenten gelten. Im Ergebnis wird, gestützt durch die syntaktische Analyse, eine komplexe DRS als semantische Repräsentation des gesamten Textes aufgebaut, die wiederum in *eine* komplexe prädikatenlogische Formel überführt werden kann, z. B. mit Variablenbindungen über die ursprünglichen Satzgrenzen hinweg, und durch die eine Einbettung in eine prädikatenlogische Modellstruktur mit der entsprechenden Angabe von Wahrheitsbedingungen ermöglicht wird.

Bei Pronomen und bei Nominalphrasen mit bestimmtem Artikel wird, wie erwähnt, aus den schon vorhandenen Diskursreferenten einer ausgewählt, der mit dem neuen gleichgesetzt wird bzw. durch den er ersetzt wird. In der Praxis der maschinellen Analyse stellt sich selbstverständlich die Frage, wie dabei der richtige gewählt wird. Erste Einschränkungen ergeben sich aus den Regeln für untergeordnete DRS und aus der syntaktischen Analyse, z. B. durch Merkmale wie Genus und Numerus. Wenn dann noch mehrere Kandidaten übrig bleiben – im Beispiel oben die Referenten für „Mary“, „Katze“ und „Matte“ für den von „Sie“ –, können heuristische und Wahrscheinlichkeitsregeln weiterhelfen, etwa, daß der gesuchte Referent meist im unmittelbar vorhergehenden Satz eingeführt wurde. Allerdings lassen sich auch auf diese Weise viele Mehrdeutigkeiten nicht sicher auflösen, auch hier bleibt als offenes Problem, wie sich das dafür nötige Weltwissen mit der syntaktischen und semantischen Analyse verbinden läßt. Daneben gibt es Bezüge im Text, die auch mittels einer DRS nicht repräsentiert werden können (z. B. daß das im ersten Satz erwähnte Geräusch das im dritten Satz genannte Schnurren der im zweiten Satz eingeführten Katze ist). Neben vielen Vorteilen hat die Diskursrepräsentationstheorie auch eine Reihe von Nachteilen, die hier nicht näher dargestellt werden können.²⁵⁸

²⁵⁸ „Die DRT hat gegenüber der Montague-Grammatik den wesentlichen Vorzug, daß sie einen denotational interpretierten Semantikformalismus nicht nur für Einzelsätze sondern für Texte und Diskurse anbietet und eine einheitliche Behandlung von satzinterner Anaphernbindung und Textanaphorik ermöglicht. Sie unterscheidet sich jedoch in einigen weiteren Aspekten auffällig von der Montague-Grammatik, die unter dem Verarbeitungsgesichtspunkt problematisch erscheinen: Die DRS-Konstruktion findet im Top-Down-Verfahren statt, sie ist nicht-kompositionell, und sie hat nicht-deklarative Elemente (die Reihenfolge der Abarbeitung wirkt sich auf die Bindungsmöglichkeiten aus)“ (Manfred PINKAL (1993), S. 475). Mehr zur

A.4.3 Situationssemantik

Anfang der achtziger Jahre haben Jon BARWISE – ein Logiker, der sich bis dahin hauptsächlich mit Modelltheorie beschäftigte – und John PERRY – ein Philosoph mit dem Arbeitsgebiet Gedächtnis und personale Identität – die Grundlagen einer Situationssemantik als radikalen Gegenentwurf zum an Wahrheitsbedingungen orientierten modelltheoretischen Semantikkonzept der klassischen Prädikatenlogik vorgeschlagen. Wie in den Abschnitten A.1.1 und 4 (vgl. auch Abschnitt 3.2 von Teil 2) genauer dargestellt, wurde die formale Logik mit ihrer Semantik von FREGE und seinen Nachfolgern entwickelt, um u. a. Schlußfolgerungen (z. B. mathematische Beweise) in überprüfbarer, von Intuitionen freier Weise mit rein syntaktischen Mitteln zu vollziehen. Im Mittelpunkt stand dabei der indikatorfreie, kontextunabhängige und zeitlose Aussagesatz. „Man kann sich solche Sätze sehr gut vorstellen, aber mit Ausnahme mathematischer Sätze ist es nicht leicht, Beispiele zu finden.“ Entsprechend sind BARWISE & PERRY der Überzeugung, daß „die übliche logische Methode“ für „viele Zwecke, zu denen sie von Philosophen, Linguisten, Computerwissenschaftlern und anderen herangezogen wurde vollständig ungeeignet ist“, nämlich „völlig untauglich für den Umgang mit alltäglichen Gebrauchsweisen der Sprache.“ Dagegen muß eine adäquate Theorie der Semantik natürlicher Sprachen außer der Folgerungsbeziehung „sechs semantischen Universalien menschlicher Sprache“ gerecht werden: der externen Signifikanz (Sprache wird gebraucht, um Informationen über die Welt zu vermitteln) und der mentalen Signifikanz (die Äußerungen sagen auch etwas über die „mentalen Zustände“ der Sprecher) von Sprache, der Produktivität von Sprache (mit einem endlichen Wortschatz können potentiell unendlich viele Ausdrücke gebildet und verstanden werden), der Mehrdeutigkeit der Sprache, der perspektivischen Relativität der Sprache und der Effizienz von Sprache. Unter *Effizienz* der Sprache verstehen BARWISE & PERRY „die Tatsache, daß man die Ausdrücke, seien sie einfach oder komplex, unbegrenzt wiederverwenden kann; sie werden von verschiedenen Leuten in verschiedener Weise an immer neuen Orten und zu allen möglichen Zeiten wiederholt, *um die unterschiedlichsten Dinge auszudrücken.*“ Die „Konzentration auf die Sprache der Mathematik und die scheinbar zeitlose Gültigkeit ihrer Sätze verführte die Begründer der Semantik dazu, dieser Effizienz der Sprache keine Beachtung zu schenken“, eine „folgeschwere Unterlassungssünde, denn die Effizienz ist ein Herzstück des Bedeutungsbegriffs.“ In der Situationssemantik wird dagegen ausdrücklich betont, „daß die Interpretation eines Ausdrucks zum einen durch rein sprachliche Faktoren bestimmt ist, zum anderen aber durch variierende Bedingungen seines Gebrauchs. Im ersten Fall sprechen wir von der sprachlichen Bedeutung des Ausdrucks, im zweiten von seinem Verwendungskontext.“²⁵⁹

BARWISE & PERRY sehen sich einem „*Ökologische[n] Realismus*“ verpflichtet, „der die Bedeutung in der Interaktion von Lebewesen und ihrer Umwelt lokalisiert“. Jeder „lebende Organismus muß nicht nur mit der raschen Folge von neuen Situationen fertig werden,

Diskursrepräsentationstheorie a. a. O., S. 462 ff., und bei Monika SCHWARZ & Jeannette CHUR (1993), S. 184 ff.

²⁵⁹Jon BARWISE & John PERRY (1987), S. 6f., IX, 37 ff. und 43. Die Kritik ist sicher berechtigt, aber es gab unter den Begründern der formalen Logik doch einige, die den fundamentalen Unterschied zur natürlichen Sprache sahen und wußten, daß deren Leistung gerade darauf beruht, daß sie mehrdeutig und situationsabhängig ist: „Wenn man darauf bestünde, daß die Sprache eindeutig ist, dann könnte man den Leuten zu Hause nicht berichten, was man in den fremden Ländern gesehen hat. eine solche Sprache wäre daher unglaublich unbequem. Es ist daher geradezu eine Gnade, daß das nicht der Fall ist“ (Bertrand RUSSELL, *Philosophie des logischen Atomismus* (Original: *The Philosophy of Logical Atomism*, 1918–19), in: B. RUSSELL, *Die Philosophie des Logischen Atomismus* (Hrsg. J. SINNREICH), München 1979, S. 195).

die auf ihn einstürzen und seine Biographie ausmachen, er muß den weiteren Gang der Ereignisse auch bis zu einem gewissen Grade antizipieren können. [...] Um sich durch den fortgesetzten Lauf der Ereignisse erfolgreich hindurchzufinden, muß ein Organismus Ähnlichkeiten zwischen Situationen wahrnehmen können ... und obendrein all jene Beziehungen zwischen diesen Gleichförmigkeiten, die für sein Wohlergehen von Bedeutung sind.“ Bei unserer Spezies spielen dabei auch die sprachlichen Äußerungen und die damit verbundenen Einstellungen unserer Mitmenschen eine zentrale Rolle. Nach der Auffassung von BARWISE & PERRY besteht „das Netz der Bedeutungen in einer menschlichen Sprache aus einer komplizierten Relation *M* zwischen Äußerungsereignissen und anderen Aspekten der objektiven Wirklichkeit; die Art und Weise, wie die Sprachgemeinschaft die Sprache verwendet, legt die Relation vollständig fest. Die Sprache zu beherrschen, heißt dann, in der Lage zu sein, diese Relation zusammen mit anderen zur Verfügung stehenden Hilfsquellen auszunützen, um Informationen über die Welt zu empfangen.“ Entsprechend zielt ihr Semantikansatz „auf ein Klassifikationsschema in Form eines Systems abstrakter Objekte ab, welches uns die Bedeutung von Ausdrücken und von geistigen Zuständen gleichermaßen zu beschreiben gestattet, indem wir die Information über die Außenwelt heranziehen, die sie uns übermitteln.“²⁶⁰

Grundbegriffe der Situationssemantik sind zum einen *Situationen*, Zustandsbeschreibungen zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort, aber auch Ereignisverläufe als Folge von Zuständen über verschiedene Orte und Zeiten, und *Situationstypen*, jeweils aus bestimmten Ähnlichkeiten zwischen Situationen gewonnene Abstraktionen, zum anderen *Beschränkungen (constraints)* zwischen (Typen von) Situationen. Beschränkungen können von ganz unterschiedlicher Art sein (z. B. Naturgesetze, Klassifikationen, gesellschaftliche Konventionen, sprachliche Regeln). Die „Anpassung an Beschränkungen ermöglicht Leben“, sie „lassen Bedeutung entstehen – und zwar in Form von Relationen, die es möglich machen, daß eine Situation Informationen über eine andere enthält“, d. h. man kann sie „zum Informationstransfer zwischen Situationen nutzen“ (wenn man etwas losläßt, fällt es herunter, wenn etwas eine Katze ist, dann ist es auch ein Säugetier, wenn jemand verheiratet ist, dann hat sie oder er einen Ehepartner).²⁶¹

Mit der Äußerung von Sätzen lassen sich Situationen beschreiben (sie sind dann ihre Referenz, bei BARWISE & PERRY ihre *Interpretation*), die Äußerungen sind aber auch selbst Ereignisse, bei denen neben dem sprachlichen Bestandteil auch der Verwendungskontext eine entscheidende Rolle spielt. Er wird von BARWISE & PERRY in drei Faktoren untergliedert: „die Diskursituationen“ (äußere Faktoren der Äußerung wie Identität des Sprechers und Zeitpunkt), „die Sprecherverbindungen“ (die Art und Weise, wie Sprecher oder Hörer mit der weiteren Welt in Kontakt stehen) und „die Rekurssituationen“ (Hilfssituationen, auf die man rekurriert, z. B. ein bestimmtes Ereignis oder gemeinsames Wissen von Sprecher und Hörer). Diese Faktoren „werden in ganz verschiedener Weise dazu benutzt, um von der sprachlichen Bedeutung eines Ausdrucks zu dem zu gelangen, was er bei einer konkreten Verwendung bezeichnet“ (d. h. „*die Interpretation eines Ausdrucks in einer bestimmten Verwendungssituation ist durch seine sprachliche Bedeutung im allgemeinen hochgradig unterdeterminiert*“). Die *Bedeutung* eines sprachlichen Ausdrucks ist damit eine mehrdimensionale „Relation zwischen Äußerungen und beschriebenen Situationen“, und eine Aussage ist dann *wahr*, „wenn die aktuelle Situation, worauf sie sich bezieht, von

²⁶⁰BARWISE & PERRY (1987), S. VIII, 12 f., 22 und 8.

²⁶¹A. a. O., S. 124, IX und 131.

dem Typ ist, der durch die Aussage beschrieben wurde.“²⁶²

Durch diesen Ansatz ist es möglich, „die vielen Koordinaten einer Äußerung“ zu berücksichtigen, „aus denen wir Information gewinnen können: nicht allein über die beschriebene Situation, sondern auch über den Sprecher und seinen Platz in der Welt.“ Beispielsweise kann eine Äußerung, in der der Ausdruck „*meine Frau*“ vorkommt, einem guten Bekannten von uns beiden eine bestimmte Information über meine Frau vermitteln, jemandem, der sie, aber bisher nicht mich kennt, etwas über mich, nämlich die Identität des Sprechers, einem gänzlich Fremden liefert sie zumindest die Information, daß ich verheiratet bin, wäre ich geschieden oder mehrmals verheiratet, ergibt sich der Zeitpunkt der Äußerung usw.²⁶³

Der technische Apparat der Situationssemantik läßt sich hier nur in den ersten Anfängen skizzieren. Grundelemente sind erstens *Individuen* (nicht nur Personen, sondern auch irgendwelche Gegenstände) a, b, \dots , *Eigenschaften* und *Relationen* (hier nicht als Mengenkonstrukte, sondern als „von genau der Art, wie Menschen sie wahrnehmen und unterscheiden“²⁶⁴) r, r', \dots und *Raum-Zeit-Gebiete* g, g', \dots mit speziellen Relationen (z. B. \prec für Vorzeitigkeit, \circ für zeitliche, $@$ für räumliche Überlappung). Mit diesen Grundelementen und Angaben darüber, ob die Dinge die Eigenschaften haben oder nicht haben bzw. ob sie in einer Relation stehen oder nicht stehen, lassen sich als weitere Objekte *Situationen* definieren. Durch

in s : in g : sitzen.auf, Peter, Stuhl; ja
spricht, Peter; nein

werden z. B. solche Situationen s beschrieben, in denen Peter in einem bestimmten Raum-Zeit-Gebiet auf einem bestimmten Stuhl sitzt und nicht spricht.²⁶⁵ Mit

in e : in g : sitzen.auf, Peter, Stuhl; ja
spricht, Peter; nein
in g' : sitzen.auf, Peter, Stuhl; ja
spricht, Peter; ja
in g'' : sitzen.auf, Peter, Stuhl; nein
 $g \prec g' \prec g''$

wird das Ereignis beschrieben, daß Peter erst schweigend auf dem Stuhl sitzt, dann etwas sagt und anschließend aufsteht. Damit läßt sich die Leitidee der Situationssemantik – „die Bedeutung eines einfachen Deklarativsatzes ist eine Relation zwischen Äußerungen und beschriebenen Situationen“ – so darstellen:

²⁶²A. a. O., S.43, 49, 60 und 211. BARWISE & PERRY beziehen sich hier ausdrücklich auf AUSTIN: „Eine Aussage soll dann wahr sein, wenn der historische Sachverhalt, mit dem sie durch die demonstrativen Konventionen korreliert (auf den sie sich ‚bezieht‘), einem Typ zugeordnet werden muß, mit dem der Satz, durch den sie gemacht worden ist, durch die deskriptiven Konventionen korreliert.“ „*Deskriptive Konventionen*“ sind dabei diejenigen, „die Wörter (= Sätze) mit den *Typen* von Situationen, Dingen, Geschehnissen usw. korrelieren, die in der Welt zu finden sind“, „*demonstrative Konventionen*“ die, „die Worte (= Aussagen) mit den *historischen* Situationen korrelieren, die in der Welt zu finden sind“ (John L. AUSTIN (1977), S. 230).

²⁶³BARWISE & PERRY (1987), S. 60. Vgl. zu dem Beispiel S. 50 f. und 215 ff.

²⁶⁴A. a. O., S. 65.

²⁶⁵Was sonst noch der Fall ist, wird offengelassen; daß etwas nicht angeführt wird, heißt nicht, daß es nicht auch zutrifft, hier liegt also eine dreiwertige Logik – wahr, falsch, unbestimmt – vor.

Betrachten wir den Satz ICH SITZE (GERADE). Seine Bedeutung ist, grob gesagt, eine Relation, die zwischen einer Äußerung (genauer: Äußerungssituation) u und einer Situation e genau dann besteht, wenn es ein Raum-Zeit-Gebiet g und ein Individuum a gibt, so daß in u a der Sprecher im Gebiet g ist und in e das Individuum a in g sitzt. In [unserer] Notation ... wird das folgendermaßen ausgedrückt:

u [[ICH SITZE]] e

gdw

Es gibt ein Gebiet g und ein Individuum a , so daß gilt

in u : in g : spricht, a ; ja

in e : in g : sitzt, a ; ja²⁶⁶

Werden bei den Situationen und Ereignissen eine oder mehrere der Individuen, Eigenschaften und Gebiete durch *Unbestimmte* ersetzt, entstehen Situations- und Ereignistypen, z. B. daß Peter irgendwann auf irgendeinem Stuhl sitzt, daß irgendwer auf einem Stuhl sitzt, daß Katzen Mäuse jagen, daß jemand zu jemandem irgendwann etwas sagt usw. Werden diese Unbestimmten herausgegriffen, lassen sich (als Paare von Unbestimmten und Ereignistypen) *Rollen* definieren, etwa Täter, Objekt, Instrument, Ort einer Handlung, Sprecher, Hörer, Zeitpunkt einer Äußerung oder andere Elemente der Diskurs- und Rekursituationen. Mit diesen und ähnlichen Mitteln lassen sich Probleme angehen, die traditionell in der Semantik Schwierigkeiten bereiten:²⁶⁷

- *Einstellungen*, also die Bedeutung von Aussagen, die mit Verben wie „glauben“, „wissen“, „behaupten“, „sehen“ gebildet werden (als Relationen zwischen Personen und Situationen)
- Indirekte Anaphern wie „Wir waren im Urlaub in New York. *Der Flug* war recht anstrengend“ (der Bezug ist kein vorher eingeführtes Referenzobjekt, sondern eine Rolle in der vorher beschriebenen Situation)
- Die Eingrenzung des Referenzbereichs definitiver Nominalphrasen wie bei „Die Katze hat Hunger“ (als gemeinsamer Hintergrund, daß es im Haushalt nur eine Katze gibt)
- Der Unterschied zwischen dem referentiellen („Der Mann an der Bar ist betrunken“) und dem attributiven („Peter ist der Gewinner des Spiels“) Gebrauch singularer Nominalphrasen
- Die präzise Klärung von Mißverständnissen, wenn Sprecher und Hörer auf unterschiedliche Situationen rekurren

²⁶⁶A. a. O., S. 24 f. („gdw“ steht für „genau dann wenn“).

²⁶⁷Die Situationssemantik „ist mit dem Anspruch eines umfassenden Gegenentwurfs zur konventionellen wahrheitsbasierten Semantik natürlicher Sprachen aufgetreten und in den letzten zehn Jahren im Sprachverarbeitungsbereich auf großes Interesse gestoßen. Sie hat ihren globalen Anspruch bisher aber nicht einlösen können, so daß sie, von einzelnen Aspekten abgesehen, in denen sie substantiell zur Entwicklung der Bedeutungsverarbeitung beigetragen hat, stark an Interesse verloren hat. [...] Das Problem besteht darin, daß bisher eine auch nur in den Umrissen erkennbare formale Theorie sprachlicher Bedeutung, die dem umfassenden Programm der Situationssemantik entspricht, nicht in Sicht ist. In Bezug auf einzelne Fragestellungen sind sehr interessante Arbeiten entstanden. Diese sind jedoch typischerweise in stark abgemagerten und an konventionelle Formalismen angelehnten Versionen realisiert“ (Manfred PINKAL (1993), S. 479 und 487). Grenzen der – für eine *maschinelle* Sprachverarbeitung nötigen – vollständigen Formalisierung ihrer Theorie sehen auch BARWISE & PERRY (1987, S. 60): „Eine vielleicht aufsehenerregende Konsequenz unseres Ansatzes liegt darin, daß es für die semantische Theorie der Folgerung keine syntaktische Entsprechung gibt, wie man sie üblicherweise in der Beweistheorie und in Theorien der logischen Form findet. Die Folgerungsbeziehung ist einfach keine Relation zwischen rein syntaktischen Elementen.“

A.5 Offene Probleme der maschinellen Sprachverarbeitung

Die Entwicklung besserer Semantikformalisten allein wird das Problem der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache nicht lösen. Zum einen muß die semantische Komponente auch mit der syntaktischen und dem Lexikon verbunden werden,²⁶⁸ zum anderen ist, wie mehrfach gezeigt, zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten und Bezügen („*Sie nahm den Kuchen vom Teller und aß ihn*“) viel außersprachliches Alltagswissen nötig, das den Systemen auch verfügbar gemacht werden muß. Es genügt hier nicht, eine CD-ROM mit dem großen Brockhaus ins Laufwerk zu schieben, denn daß man Kuchen essen kann, Teller aber meist nicht, daß es nachts dunkel wird, daß Wasser abwärts fließt, daß Kinder jünger sind als ihre Eltern, daß, wenn der Bundeskanzler in Paris ist, auch sein linker Fuß dort ist usw. usf., steht in keinem Lexikon. Es ist eine ungeheure (und möglicherweise unlösbare) Aufgabe, unser gesamtes Alltagswissen erstens zu explizieren und zweitens auch noch formal zu repräsentieren. Dieses heroische Unternehmen verfolgt seit 1984 Douglas LENAT mit einer Reihe von Mitarbeitern. Ihr System CYC umfaßt inzwischen mehr als vier Millionen „Axiome“ (etwa 5 % fest und 95 % als *defaults*) aus vielen Alltagsbereichen („Was nicht festgehalten wird, das fällt herunter“, „Wer etwas verbraucht, muß es besitzen“, „Im Kino kosten Süßwaren etwa doppelt so viel wie sonst“), die in einem schrittweise entwickelten, objektorientierten und *Frame*-basierten Formalismus repräsentiert sind (auch die Ein- und Ausgabe muß formal, nicht in natürlicher Sprache erfolgen) und auf die etwa drei Dutzend Inferenzverfahren zur Gewinnung weiterer Aussagen und Verbindungen („Die meisten Menschen sind prominent“) angewandt werden.²⁶⁹ Der Wert und die Erfolgsaussichten dieser Unternehmung werden sehr unterschiedlich beurteilt. LENAT selbst sieht CYC in wenigen Jahren als Bestandteil jedes PC-Betriebssystems, um den Benutzern umfassende Datenrecherche in natürlicher Sprache zu ermöglichen. Für Hubert L. DREYFUS ist CYC dagegen „die letzte Bastion zur Verteidigung des großen KI-Traumes ... Intelligenz auf symbolische Repräsentation zu gründen,“ der „Ende des Jahrhunderts höchstwahrscheinlich ausgeträumt sein“ wird, da „die somatischen und stilistischen Hintergrundsensibilitäten, die bestimmen, was als Ähnlichkeit zählt, und die Hintergrundvertrautheit, die bestimmt, was als relevant hervortritt, beim intelligenten Gebrauch von Fakten und Regeln“ durch die *Menschen*, die CYC entwickeln, vorausgesetzt sind. „Die Hoffnung, daß diese Hintergrundbedingungen unter Benutzung derjenigen Merkmale analysierbar sind, deren Isolierung und Erkennung sie erst ermöglichen, ist prima facie nicht

²⁶⁸Als wichtiges Beispiel für die Verbindung verschiedener sprachlicher „Wissensquellen“ gilt die *Blackboard*-Architektur des iSpracherkennungssystems HEARSAY II (vgl. GÖRZ (1988), S. 97 ff.). Noch immer werden die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Systemarchitekturen (z. B. integriert oder modular) intensiv diskutiert. Jedenfalls stößt – insbesondere bei der Simulation des Verstehens *gesprochener* Sprache – die Arbeitsweise „klassischer“ Computerprogramme (sequentiell, *bottom up*, Arbeit auf kompletten Eingabestrukturen) schnell an ihre Grenzen. „Eine angemessene Sprachsimulation muß eine Systemarchitektur besitzen, bei der [1.] alle Verarbeitungsprozesse nicht erst auf das Ende der Eingabe warten, sondern sofort bei den allerersten Eingabedaten ihre Arbeit aufnehmen (inkrementelle Verarbeitung) und [2.] an alle anderen Prozesse bereits nach wenigen Analyseschritten vorläufige Interpretationshypothesen senden (keine sequentielle Ebenenstruktur); [3.] globalere Erwartungen („top-down“) den Analyseaufwand stark einschränken und nur noch die nötigen und sinnvollen Verarbeitungsschritte vollzogen werden.“ (Walther VON HAHN (1995), S. 98) Die Architektur von WORT als ein Beispiel für ein objektorientiertes System mit Komponenten für das Welt- und Sprachwissen (prozedural repräsentierte Syntax, Lexikon, Semantik) zur inkrementellen Textverarbeitung mit „schwach interaktiver“ Strategie skizzieren B. HILDEBRANDT, G. RICKHEIT & H. STROHNER (1993).

²⁶⁹Vgl. Thomas J. SCHULT (1994) und *Der Spiegel* 33/1994, S. 168 f. Unter www.cyc.com sind die obersten dreitausend Begriffe von CYC und die Inferenzmaschine als Unixprogramm im Internet verfügbar.

plausibel.“²⁷⁰

Viele Bereiche, die „jedes Kind“ beherrscht (etwa KANTS Klassiker Raum, Zeit, Kausalität (vgl. den Abschnitt 2.5 von Teil 2) und insbesondere solche, die eher mit *Können* als mit *Wissen* zu tun haben (wie z. B. unser Umgang mit Körpern und Flüssigkeiten), erweisen sich dabei als außerordentlich schwierig. Weiter muß dieses Wissen nicht nur repräsentiert, sondern, in deduktiven, induktiven, abduktiven, kausalen, temporalen, modalen usw. Schlußfolgerungen und Analogieschlüssen, auch *verarbeitet* werden, und dabei sind noch mehr Probleme ungelöst. Daraus ergibt sich ein immer engerer „Flaschenhals“ bei der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache: „Auf der Syntaxebene sind erheblich mehr linguistische Phänomene darstellbar als auf der Semantikebene, auf der Semantikebene wiederum mehr als in den bekannten Wissensrepräsentations Sprachen, und letztendlich wird die Menge der von einem allgemeinen natürlichsprachlichen System verarbeitbaren Ausdrücke und Sätze bestimmt von der Leistungsfähigkeit des Theorembeweisers. Unter den angegebenen Voraussetzungen übergibt also jede Verarbeitungsebene mehr Informationen an die ihr folgende Verarbeitungsebene, als von dieser verarbeitet werden kann.“²⁷¹

Auf einer allgemeineren Ebene taucht hier auch das *Rahmenproblem*²⁷² der KI auf. Während eines Restaurantbesuches geschehen viele Dinge, verändert sich vieles (andere Gäste kommen und gehen, Stühle werden verschoben, Bierfässer werden leerer, der Lichteinfall durch die Fenster ändert sich . . .), ohne daß das in einer Schilderung eigens erwähnt wird, anderes bleibt in der Regel gleich (Haus- und Telefonnummer des Restaurants, Name und Geschlecht der Bedienung, Anzahl der Stühle . . .), wiederum ohne extra erwähnt zu werden. Bestimmte Veränderungen ziehen als Seiten- und Nebeneffekte andere nach sich (mit der Bedienung wechselt meist auch ihr Name und eventuell ihr Geschlecht, bei einem Feueralarm ändert sich die Anzahl der Gäste, aber nicht der Stühle . . .), einige dieser Nebeneffekte sind relevant für das Verständnis, andere sind völlig uninteressant (aber, das wissen alle Leser von Kriminalromanen, wer kann garantieren, daß sie im Lichte einer neuen Situation oder Erkenntnis nicht doch noch wichtig werden?). Wir kommen mit solchen *zeit- und situationsabhängigen Veränderungen* und mit *ihrer Relevanz* recht gut zurecht, aber das ist anders, wenn aus formal repräsentierten Fakten und Situations- und Ereignisbeschreibungen neue Fakten, Situationen und Ereignisse, Veränderungen, Konstanzen und ihre jeweilige Relevanz, „errechnet“ werden sollen (die Seiteneffekte sind kaum zu kontrollieren, aus gegebenen Prämissen können beliebig viele Folgerungen gezogen werden, dieser

²⁷⁰DREYFUS (1993), S. 665 f. Auch innerhalb der KI ist der Wert von CYC umstritten (vgl. z. B. D. CREVIER (1993), S. 242 f., D. McDERMOTT (1990), S. 223). Wolfgang WAHLSTER vom DFKI in Saarbrücken ist der Ansicht, „daß CYC scheitern muß, weil die Wissensrepräsentation noch nicht standardisiert ist. Es fehlt eine klare formale Semantik.“ Auch Ramanathan V. GUHA, bis 1994 technischer Direktor von CYC, räumt ein: „Wir haben das Ziel verfehlt, ein System zu schaffen, das wirklich gesunden Menschenverstand zeigt“ (zitiert nach Thomas J. SCHULT (1996), S. 121).

²⁷¹Gerhard HEYER (1990), S. 39.

²⁷²Auf dieses Problem wurde zuerst in einem 1969 erschienenen Aufsatz von John MCCARTHY und Patrick J. HAYES aufmerksam gemacht: „in proving that one person could get into conversation with another, we were obliged to add the hypothesis that if a person has a telephone he still has it after looking up a number in the telephone book“ (zitiert nach CREVIER (1993), S. 118 f.). Zur Bedeutung des Rahmenproblems für die KI (vor allem in der Robotik) vgl. auch Ansgar BECKERMANN (1994), S. 76 ff., John HAUGELAND (1987), S. 177 ff., und insbesondere Daniel C. DENNETT (1990). Der Name hat übrigens nichts mit den oben vorgestellten „Rahmen“ von MINSKY zu tun; zu denken ist eher an die rechteckigen Folien, die in der Trickfilm- und Comic-Produktion für den Hintergrund mehrerer Bilder verwendet werden, bei denen sich nur die Figuren im Vordergrund ändern (man möchte den durch die Handlung unveränderten Hintergrund von dem wechselnden Vordergrund trennen, aber irgendwann muß auch der Hintergrund modifiziert werden).

Prozeß muß kontrolliert und gestoppt werden, durch zusätzliche Prämissen zur Relevanz verschiebt man das Problem nur auf die Metaebene).

Nicht nur unser Verständnis von Situationen und Ereignissen unterliegt einem ständigen Wandel, auch unser Umgang mit Symbolen und Sprache und damit ihre Bedeutung sind dynamisch.²⁷³ Beim ersten Weg durch eine fremde Stadt wird ein bestimmtes Gebäude gar nicht wahrgenommen, dann dient es als Hinweis, hier abzubiegen und wir beschreiben später auch anderen damit den Weg. Beim ersten Lesen oder hören von „*Paradigma*“ oder „*Postmoderne*“ ist die Bedeutung noch unbekannt oder verschwommen, man liest und hört es dann öfter, lernt die Verwendung, benutzt es selbst, auch in neuen Zusammenhängen, und damit verändert sich, weil das auch andere tun, die Bedeutung dieser Worte in der Sprachgemeinschaft (vgl. etwa „*geil*“ und „*ätzend*“; die Nuancen der Bedeutung von „*cool*“ in verschiedenen Subkulturen und Zeiten sind sicher nur den echten Insidern völlig geläufig).

Auch wenn man sich nicht so viel Mühe gibt wie bei den Überschriften im Wirtschaftsteil der *Frankfurter Rundschau* kommen metaphorische Wendungen in fast jeder Äußerung vor: man „*wirft ein Auge*“ auf etwas, legt „*Bausteine*“ zur Realisierung vor, dieser Vorschlag „*schmeckt*“ anderen nicht, und man „*beißt sich die Zähne aus*“; nicht nur Brötchen, auch Kurse werden „*belegt*“, einige haben nicht nur einen Kiosk, sondern auch die Weisheit „*gepachtet*“ usw. usf. Der lebendige Dialog lebt von treffenden und überraschenden Vergleichen²⁷⁴, es entstehen ständig neue (Un-) Worte und Wortverbindungen („*Ellenbogengesellschaft*“, „*schlanke Produktion*“, „*Sozialneid*“, „*Besserwessi*“, „*kollektiver Freizeitpark*“, auch „*beleidigte Leberwurst*“ war irgendwann einmal neu). Kurz: die Sprache ist wandelbar, flexibel und kreativ (und das ist gut so, denn eine Sprache mit fixierter, eindeutiger Bedeutung wäre ausgesprochen langweilig, ohne ihre Plastizität sind Witz, Ironie, Poetik nicht möglich). Dagegen ist ein Sprachverarbeitungsprogramm mit festem Lexikon und vorgegebenen Syntax-, Semantik- und Pragmatikregeln (bestenfalls) eine statische Momentaufnahme der Sprachverwendung der Entwickler und spannt damit „die Sprache auf ein Prokrustesbett.“²⁷⁵

²⁷³ „Die computerwissenschaftliche Simulation des Verstehens und des Gebrauchs der Sprache ... dürfte nicht immer schon mit symbolischen Repräsentationen operieren; sie müßte vielmehr die Genese symbolischer Repräsentationen aus präsymbolischen Repräsentationen rekonstruieren. Sie hätte nicht so sehr Modelle der Symbolmanipulation als vielmehr Modelle der Symbolgenese zu entwickeln. Die bisherigen computer- und kognitionswissenschaftlichen Konzepte des Kognitiven führen durchweg in analytische und logische Aporien, sobald sie Modelle des Zusammenhangs unserer praktischen und symbolischen Tätigkeiten und Fähigkeiten abgeben: Schemata der sprachlichen Darstellung von Ereignissen werden mit Schemata der Ereignisse gleichgesetzt; Skripten von Situationen werden mit Mustern von Darstellungen von Situationen verwechselt; Schemata der sprachlichen Beschreibung werden mit den beschriebenen sprachlichen Schemata identifiziert. Dies kann aber nicht zu einer klareren Vorstellung des logisch-genetischen Zusammenhangs von Wahrnehmung, Handlung, Sprache und Denken führen, der ja insgesamt den Bereich der Kognition ausmacht.“ (Bernd SWITALLA (1990), S. 205)

²⁷⁴ Und auch das Feuilleton und die Sportseiten: „Ernst Happel ist der Thomas Bernhard des Fußballs“ (*FR* vom 9. 1. 94, S. ZB 3). Nebenbei: „Die Metapher hat Konjunktur. In sprachphilosophischen Kreisen ist die Metapher dieser Tage zum trojanischen Turnierpferd geworden, aus dem mit allen Listen für und wider die Festung einer systematischen Bedeutungstheorie gestritten wird.“ (Martin SEEL (1990), S. 237.)

²⁷⁵ Peter HELLOWIG (1983), S. 24. „Paradoxerweise rührt die Domänenbeschränktheit der gegenwärtigen Computersysteme nicht zuletzt daher, daß die Bedeutungen der Lexeme für domänenunabhängig gehalten werden, oder zumindest, während das System im Einsatz ist, der Modifikation entzogen sind. [...] Das So-Sein der Welt in seiner prototypischen Erscheinung ist uns nicht einfach gegeben, sondern wir setzen uns fortwährend damit auseinander. Unser Reden über die Dinge kann von dieser Auseinandersetzung nicht getrennt werden. Vielmehr geht die Differenzierung im Objektbereich Hand in Hand mit der Differenzie-

Unsere Fähigkeit zum situationsgerechten und flexiblen Gebrauch und Verstehen der Sprache hängt wesentlich damit zusammen, daß wir, biologisch und sozial, *zeitliche* Wesen sind, daß wir uns in der aktiven Auseinandersetzung mit der Umwelt und mit anderen Menschen ständig neue semantische Möglichkeiten erschließen und neue schaffen. Wir haben einen Körper mit Händen und Füßen, Augen und Ohren, mit einem phylo- und ontogenetisch gewachsenen, in vielfachen Schichten buchstäblich verkörperten und weiter veränderbaren Gedächtnis²⁷⁶ (während Computer eine „Verkörperung der reinen Gegenwart“²⁷⁷ sind); wir sind aufgewachsen in einer (Sprach-) Gemeinschaft mit einer Kulturgeschichte und vielfältigen Medien, in der wir lernen und die wir verändern.

Anders als im reinen Symbolverarbeitungsansatz²⁷⁸ der frühen KI kommen die biologischen, psychologischen und sozialen Bedingungen und Interdependenzen des Sprachverstehens auch bei der Entwicklung natürlichsprachlicher Systeme immer mehr in den Blick²⁷⁹ (wobei allerdings nicht immer die ganze Tiefe und Breite der Probleme gesehen wird). Schon SCHANK war bei der Entwicklung seiner experimentellen Systeme der Stellenwert eines dynamischen Gedächtnisses und des Lernens deutlich geworden (s. o. S. 129), und es ist eine zunehmend allgemein akzeptierte These, daß „semantische Maschinen“ nur zu realisieren sind, wenn sie über einen „eigenen“ Zugang zur Welt durch Sensoren und Effektoren verfügen.²⁸⁰ Nötig sind darüber hinaus wohl aber auch die Verbindung mit „*eigenen adaptiven Bedürfnissen*“²⁸¹ sowie die echte Teilnahme an einer *Sprachgemeinschaft*

im Gebrauch der Wörter. Beide sind Gegenstand einer fortwährenden interpersonalen Verständigung. Dadurch daß wir einen Gegenstand als den und den identifizieren und als typischerweise so und so beschaffen charakterisieren, verständigen wir uns zugleich über die Bedeutung des Ausdrucks, mit dem wir den Gegenstand bezeichnen. Und wenn wir uns umgekehrt die Bedeutung eines Ausdrucks klarmachen wollen, müssen wir uns zugleich über die Identifizierbarkeit und den typischen Charakter eines Gegenstandes verständigen“ (a. a. O. S. 35).

²⁷⁶ Vgl. dazu etwa Gerald M. EDELMAN (1995).

²⁷⁷ Winfried D’AVIS (1994), S. 334. Für ihn ist die „Isomorphie zwischen der Modellstruktur der Zeit“ (Irreversibilität, Offenheit der Zukunft) „und der Realstruktur des Substrats“ (Organismen bzw. Hardware) Bedingung „für das kognitive Vermögen“ (S. 335) und damit auch für das Sprachverstehen.

²⁷⁸ Dazu, daß auch „neuronale Netze“ nur sehr bedingt ihrem biologischen Vorbild entsprechen, vgl. EDELMAN (1995), S. 324 f.

²⁷⁹ Vgl. die vier Leitlinien der „sprachorientierten KI-Forschung“ von Wolfgang WAHLSTER (1982, S. 212 f.): „(L₁) Angestrebt wird eine vollständig operationalisierte, extreme Form der Referenzsemantik, die bis auf die sensorische Ebene ‚durchgeschaltet‘ wird. Stets wird mit einer expliziten, maschinell handhabbaren und vollständigen Repräsentation der Diskurswelt gearbeitet. (L₂) Angestrebt wird eine ganzheitliche Modellierung der Interaktion zwischen den dem Sprachverstehen, der Sprachproduktion und dem Spracherwerb zugrundeliegenden Prozessen und anderen für die Sprachverwendung relevanten kognitiven und sozialen Prozessen. (L₃) Angestrebt wird eine prozeßorientierte Rekonstruktion von sprachlichem Verhalten, wobei Sprachgebrauch prozedural als Ergebnis kommunikativer und kognitiver Prozesse beschrieben wird. (L₄) Angestrebt wird die Modellierung des instrumentellen Charakters von Sprache, da in KI-Systemen Sprache als Werkzeug in Arbeitsprozessen dienen soll.“

²⁸⁰ „A computer whose only input and output was verbal would always be blind to the meaning of what was written“ (Daniel C. DENNETT in SEARLE (1980), S. 429). Vgl. dazu auch die Diskussion um die Adäquatheit des Turing-Testes im Abschnitt 3 vom Unterrichtsmodul 1, die Entwicklung von GAF zu LESUCUGAF im Abschnitt 5 und die Diskussion um den „Robotereinwand“ im Abschnitt 6 vom Teil 2 (sowie die Literaturangaben dazu).

Gelegentlich wird in diesem Zusammenhang (so auch von D’AVIS (1994), S. 61, 110) behauptet, das von WINOGRAD 1968 entwickelte Programm SHRDLU sei hierfür ein Beispiel. Das ist aber ein Mißverständnis: Das System verfügte weder über ein „Auge“ noch über einen Roboterarm, die „Klötzchenwelt“ wurde nur als Strichzeichnung auf dem Bildschirm simuliert (verglichen wurden also nur Repräsentationen mit Repräsentationen, die zusätzlichen Probleme der Robotik wurden so mit voller Absicht ausgeklammert; vgl. CREVIER (1993), S. 97).

²⁸¹ EDELMAN (1995), S. 278. Vgl. dazu auch Ruth Garrett MILLIKAN (1984), die im Trend des *Natu-*

(ob das nicht nur möglich, sondern auch *wünschenswert* ist, ist wieder eine andere Frage: wir kommunizieren nur mit *Personen*, d. h. mit prinzipiell moralisch verantwortlichen Subjekten; dazu mehr im Abschnitt 11). Jedenfalls erfordert all das eine weit über den gegenwärtigen Forschungsstand hinausgehende Entwicklung und Integration verschiedener Teilgebiete der KI (Sprachverstehen, Wissensrepräsentation, Inferenzsysteme, Robotik, Bildverstehen, maschinelles Lernen, Konnektionismus), und eine Prognose über den Erfolg wäre reine Spekulation.

Zum Abschluß aber noch einmal zurück zum Kernthema dieses Kapitels, zur Formalisierung der Semantik. Erfolgreiche natürlichsprachliche Systeme (NSS) wie z. B. METAL (vgl. Abschnitt 7) zeigen, wie weit man in spezifischen Anwendungsbereichen kommen kann, ohne sich allzu sehr um die Semantik und Pragmatik der Sprache zu kümmern; sie machen aber auch die Grenzen einer so eingeschränkten Sprachverarbeitung deutlich (Vor- und Nachbereitung durch speziell ausgebildete Menschen, Vorgabe des Fachgebietes usw.). Will man hier weiter gehen, steht man neben allen anderen genannten Problemen schon im Kernbereich der Semantik vor einer Reihe recht hoher Hürden: „Zu den schwierigsten und in den bisherigen NSS stets nur ansatzweise oder punktuell gelösten Darstellungsproblemen gehört die *formale Repräsentation der Semantik* von:

- Vagen Quantoren (z. B. *mehrere, viele, einige*)
- Frageoperatoren (z. B. *Warum, Wie*)
- Konjunktionen von Termen (z. B. *Peter und Maria heiraten* vs. *Peter und Maria gehen zur Uni*)
- natürlichsprachlichen Junktoren (z. B. *nicht X oder Y, nicht nur X sondern auch Y*)
- komplexen Quantifikationen (z. B. *ungefähr zehn von den rund 100 bis 200 Bestellungen*)
- Hecken (z. B. *fast alle, einigermaßen groß, außerordentlich teuer*)
- Modalpartikel (z. B. *Leider, Selbstverständlich, Hoffentlich*)
- Komparativkonstruktionen (z. B. *Der Sieg beruhte mehr auf Kraft als auf Können*)
- deiktischen Ausdrücken (z. B. *hier, jetzt, später*)
- Kontinua (z. B. *Wasser, Verkehr, Musik*)²⁸²

Zwar gibt es experimentelle und kommerzielle Lösungen für spezielle Probleme in bestimmten Anwendungsbereichen – bei einer natürlichsprachlichen Schnittstelle für Datenbankabfragen muß beispielsweise besonderes Gewicht auf die Behandlung von Quantoren und Junktoren gelegt werden, bei Auskunft- und Dialogsystemen auf die Auflösung des Bezugs von Pronomen („*Haben Sie ein Zimmer mit Balkon und Fernseher? Geht er nach*

realistic turn dem von ihr ausgemachten „meaning rationalism“ der analytischen Philosophie eine an der biologischen Funktion, Evolution und der Interaktion zwischen Organismus und Umwelt orientierte Sprachphilosophie entgegenstellt.

²⁸²WAHLSTER (1982), S. 254.

Süden?“), bei Expertensystemen auf Schlußfolgerungen usw. (auch hier hängt die Semantik und deren Formalisierung von der Pragmatik ab) –, aber als Fazit zum Stand der Technik läßt sich festhalten:

Ein vielseitig verwendbares natürlichsprachliches System, das eine der menschlichen Verstehensleistung entsprechende Analyse einer so einfachen Äußerung wie [„*Die große Flügelschraube muß den Kühler am Sockel halten*“] durchführen kann und dabei die erwähnten Fähigkeiten zur semantischen Auflösung von Mehrdeutigkeiten, zur Erkennung indirekter Sprechakte, zur Analyse vager Ausdrücke und zum Verstehen metaphorischer Wortbildungen ausnutzt, existiert bisher nicht. Obwohl für Teilaspekte jeder einzelnen der angegebenen Fähigkeiten in der KI-Literatur implementierte Beispielsysteme dokumentiert sind, ist man beim derzeitigen Forschungsstand wegen der außerordentlichen Komplexität der erforderlichen Systemkomponenten von einer Integration dieser Fähigkeiten in einem ‚Universalsystem‘ noch weit entfernt.²⁸³

²⁸³A. a. O., S. 206. Die Größe der Entfernung kann man auch daran erkennen, daß diese Einschätzung heute, 15 Jahre später, wohl noch ohne jede Einschränkung gültig ist.

B Literatur

B.1 Kommentierte Literaturhinweise

Die mir bekannte beste Gesamtdarstellung aller Aspekte der **Sprache** und der unterschiedlichen Bemühungen des wissenschaftlichen Zugriffs auf sie stammt von David CRYSTAL (1993): eine Enzyklopädie im besten Sinne des Wortes, zum Nachschlagen, Blättern und stundenlangen Schmökern (dabei beschleicht mich immer wieder Erstaunen über den Facettenreichtum und die Komplexität der menschlichen Sprache sowie über die Kühnheit des Vorhabens, sprachverstehende Computer entwickeln zu wollen).

Nach Jürgen TRABANT (1995), der eine Sammlung von neueren Beiträgen zur **Sprachphilosophie** herausgegeben hat, lassen sich die Einführungen in dieses Gebiet in „kontinental“ und „angloamerikanisch“ (d. h. analytisch) ausgerichtete einteilen: Erich HEINTEL (1991) gehört zur ersten, Franz von KUTSCHERA (1975) und Edmund RUNGALDIER (1990) zur zweiten Gruppe, Albert KELLER (1989) sucht die Verbindung. Die Genese des Paradigmenwechsels der Sprachphilosophie zu Beginn des 20. Jahrhunderts zeichnet Edmund BRAUN (1996) nach, mit einer Auswahl von Originaltexten von PARMENIDES bis APEL.

Als erste Einführungen in die **Linguistik** und Sprachwissenschaften waren für mich die Darstellungen von John LYONS (1971a, 1983) sehr hilfreich. Die neueren Entwicklungen in allen Bereichen der Grammatik (Phonetik, Morphologie, Syntax, Semantik (kurz) und Pragmatik) werden — orientiert am „generativen Paradigma“ — von Günther GREWENDORF, Fritz HAMM & Wolfgang STERNEFELD (1987) dargestellt. Dieter WUNDERLICH (1974) referiert die wesentlichen Positionen zur Referenz-, Inhalts- und Kommunikationssemantik bis zum Beginn der siebziger Jahre. Monika SCHWARZ & Jeanette CHUR (1993) bieten eine „leserfreundliche“ Einführung in die Grundbegriffe und Probleme der Semantik (mit „kognitiven“ Untertönen und unter Berücksichtigung neuerer Entwicklungen wie MONTAGUE-, Situations- und Textsemantik).

Eine gut lesbare (und vielleicht die beste) Einführung in die grundlegenden Ideen CHOMSKYS und in die **Generative Transformationsgrammatik** stammt von John LYONS (1971b). Neuere Entwicklungen der generativen Grammatik behandeln mit dem Anspruch einer Einbettung in die Kognitionswissenschaften Jörg KELLER & Helen Leuninger (1993). CHOMSKYS Werk und seine weitere Entwicklung werden dargestellt und kritisch gewürdigt aus der Sicht der Sprachphilosophie z. B. von Franz von KUTSCHERA (1975, S. 262 ff.) und John R. SEARLE (1974), als Beitrag zu einer am „Computermodell des Geistes“ orientierten *Cognitive Science* von Margaret A. BODEN (1988, S. 88 ff.), Howard GARDNER (1989, S. 197 ff.) und Philip N. JOHNSON-LAIRD (1983, S. 266 ff.) und im Rahmen der Entwicklung von Systemen zur Verarbeitung natürlicher Sprache in der Informatik von Günther GÖRZ (1988, S. 28–35 u. 137–142). Eine groß angelegte Streitschrift gegen die Grundannahmen der Generativen Grammatik (Form vor Funktion, Kompetenz vor Performanz, Semantik als „arme Verwandte“ der Syntax) und gegen ihre Vorherrschaft in Linguistik und Psychologie stammt von Hans HÖRMANN (1976), inzwischen ein Klassiker zu dem Thema, was unter „Meinen“ zu verstehen ist und was wir mit „Verstehen“ meinen.

Eine sehr gründliche Abhandlung zur **Aussagenlogik** in allen ihren Varianten (strikt, effektiv, klassisch) ist das Werk von Arnold SCHMIDT (1960). Entscheidungs- und Deduktionstechniken (z. B. „Pfeilwurf“, Kalkül des natürlichen Schließens) für alle Gebiete der klassischen Logik (auch Syllogismen und Prädikatenlogik) werden ausführlich von Willard

van Orman QUINE (1969) dargestellt, ohne daß dabei das Verhältnis der formalen Logik zur natürlichen Sprache und andere philosophische Probleme vernachlässigt werden. Typisch angelsächsisch, d. h. gut lesbar und nicht ohne Witz, ist die an der Geschichte ausgewählter Probleme orientierte Philosophie der Logik von Stephen READ ((1997). Unterschiedliche, vor allem regelbasierte Kalkülisierungen der klassischen Logik werden von Wolfgang STEGMÜLLER & Matthias VARGA VON KIBÉD (1984, Kapitel 4) vorgestellt und diskutiert. Einen guten Überblick über und Einführungen in nichtklassische Logikkalküle (mehrwertige Logik, intuitionistische Logik, Modallogik, epistemische und deontische Logik, Kausallogik usw.) bietet der von Lothar KREISER, Siegfried GOTTWALD & Werner STELZNER (1990) herausgegebene Band; kürzer, aber unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die Informatik und der (insbesondere im Bereich der Regelungstechnik zunehmend wichtigen) Fuzzy-Logik, machen das auch Andreas SCHWILL & Rüdiger BAUMANN (1995). Dirk SIEFKES (1992) verfolgt das Ziel, in das Formalisieren von Beschreibungen und Beweisen einzuführen; anders als bei vielen mathematischen und philosophischen Büchern spielen bei dieser „Logik für Informatiker“ auch Effizienzgesichtspunkte und die entsprechenden Grundlagen der logischen Programmierung (z. B. Finitisierung, Unifikation, Resolution) eine zentrale Rolle. Ausdrücklich zum „logizistischen“ Ansatz in der KI bekennen sich Michael R. GENESERETH & Nils J. NILSSON (1989) in ihrem Standardwerk; neben grundlegenden Anwendungen der Prädikatenlogik bei der Wissensrepräsentation und beim Schlußfolgern werden auch darauf aufbauende Erweiterungen (Induktion, nicht-monotones Schließen, unsicheres Wissen, Überzeugungen u. a.) behandelt. Diese Richtung der KI wurde schon früh von Marvin MINSKY (1992) kritisiert, eine neuere Kritik stammt von Drew MCDERMOTT (1990), der diesen Ansatz selbst lange verfolgte und nun die Gründe für die ausbleibenden Erfolge diskutiert; John MCCARTHY (1996), der Begründer dieser Richtung, hält dagegen.

Eine erste Annäherung an das Thema **Sprache und Computer** kann auf vielen Wegen erfolgen. Hier einige, die ich gegangen bin: Terry WINOGRAD (1984) gibt eine angenehm nüchterne Einführung in die Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen der Verarbeitung und Analyse natürlicher Sprache; im Grundton etwas optimistischer ist die reich illustrierte und auch für Anfänger gut verständliche Arbeit von Walther von HAHN (1985), nach dem Motto „Die Sprache scheint gleichzeitig die Verpackung und der Henkel der Intelligenz zu sein“ ist sie auch eine Einführung in weitere Gebiete und Probleme der KI (im Mittelpunkt steht das experimentelle Dialogsystem HAM-ANS); zu einem internationalen Symposium zur Beantwortung der Frage „Werden wir die Sprache des Computers sprechen?“ hatte die *Deutsche Akademie für Sprache und Dichtung* Wissenschaftler verschiedener Disziplinen eingeladen, der von Hans-Martin GAUGER & Herbert HECKMANN (1988) herausgegebene Band dokumentiert die Beiträge; zum Themenschwerpunkt „Computer und Sprache“ (so herum) der Zeitschrift *LOG IN* hat Achim SAHR (1989) einen informativen Basisartikel beige-steuert; den Träumen, Verheißungen und Ernüchterungen der KI-Forscher ist Claus-Peter DECHAU (1989) nachgegangen; für den Viel-Schreiber Dieter E. ZIMMER (1991) ist der Computer schon lange in erster Linie ein Werkzeug zur Sprachbearbeitung, hier aber auch Gegenstand gründlicher Recherchen zur Praxistauglichkeit (Textverarbeitung, Fehlerkorrektur, Zeichen- und Spracherkennung, maschinelles Übersetzen) und faszinierende „Sonde“ zur Erkundung des menschlichen Geistes.

Wolfgang WAHLSTER (1982) gibt eine umfassende Übersicht über die verschiedenen Aspekte der Repräsentation und maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache. Auch wenn — nach eigener Einschätzung des Autors — der Aufsatz in weiten Teilen nicht mehr dem ak-

tuellen Stand der Kunst entspricht (die Lösungswege und formalen Werkzeuge haben sich weiterentwickelt), lohnt die Lektüre als Einstieg in das gesamte Gebiet, da hier neben Zielsetzung, Konzeption und historischer Entwicklung fast alle Teilbereiche, ihre Probleme und ihr Zusammenhang, behandelt werden. Das Lehrbuch von James ALLEN (1987) ist schon jetzt ein „Klassiker“ zu diesem Thema. Die Entwicklung eines allgemeinen Verarbeitungsmodells zur **maschinellen Syntaxanalyse** natürlicher (auch gesprochener) Sprache steht im Mittelpunkt der Arbeit von Günther GÖRZ (1988). Zwar wird hier ein spezielles Modell favorisiert („aktive Chart-Analyse“ in Verbindung mit der „Lexikalisch-Funktionalen Grammatik“ als Beispiel für einen „unifikations-basierten Grammatikformalismus“), aber — und das macht das Buch auch über diesen speziellen Formalismus hinaus interessant — diese Wahl wird u. a. aus einer an Handlung und Kommunikation orientierten Sicht der Sprache und mit einer Darstellung des linguistischen und sprachphilosophischen Hintergrundes begründet. Einen Überblick über neuere (insbesondere merkmalsbasierte) Grammatikformalismen geben Hans HAUGENEDER und Harald TROST im Abschnitt 5.2 des von G. GÖRZ (1993) herausgegebenen Sammelbandes (und einige ergänzende Hinweise dazu finden sich im Schlußteil des Abschnitts 5.4 von Stephan BUSEMANN und Hans-Joachim NOVAK zum — in meiner Darstellung fast völlig fehlenden — Forschungsgebiet der *Generierung* natürlicher Sprache; vgl. dazu auch den Übersichtsartikel von Günter NEUMANN (1993)).

Schwierigkeiten bei der maschinellen Übersetzung und Lösungen, insbesondere das System **METAL**, haben Thomas SCHNEIDER (1988a, 1988b, 1990, 1992, 1994) und Susanne HEIZMANN & Elke ZIMMERMANN (1990) dar- und vorgestellt. Probleme des Übersetzens, künstliche Sprachen und Computersysteme werden auch bei CRYSTAL (1993, S. 341–356) und ausführlich bei ZIMMER (1991, S. 169–200, 257 ff.) behandelt. Detaillierte Einführungen in das Gebiet der maschinellen Übersetzung sind die Lehrbücher von D. ARNOLD, L. BALKAN, R. LEE HUMPHREYS, S. MEIJER & L. SADLER (1994) und W. John HUTCHINS & Harold L. SOMERS (1992), letzteres stellt neben METAL auch andere Entwicklungen (SYSTRAN, SUSY, METEO, ARIANE, EUROTRA, ROSETTA, DLT) ausführlich vor.

Der klassische — zuerst 1974 erschienene — Aufsatz zur Begründung des *Frame*-Ansatzes stammt von Marvin MINSKY (1992, zur Entfaltung dieses Ansatzes vgl. auch 1990). Etwa zur gleichen Zeit (zur geschichtlichen Darstellung vgl. Daniel CREVIER (1993)) wurden für die **formale Repräsentation der Semantik und Pragmatik** die *Conceptual-Dependency*-Theorie und der *Script*-Ansatz entwickelt, beide und eine populäre Darstellung dazu sind wesentlich mit dem Wirken von Roger C. SCHANK (1986) verbunden. Sehr kompakte Übersichten geben Andreas DENGEL (1994) und Harald TROST (1986), etwas ausführlicher werden diese und andere grundlegenden Ansätze zur Verarbeitung der Semantik natürlicher Sprache von Wolfgang WAHLSTER (1982) und Patrick Henry WINSTON (1987) behandelt, neuere Entwicklungen (MONTAGUE-Grammatik, Diskursrepräsentationstheorie, Situationssemantik) stellt Manfred PINKAL (1989, 1993) dar. B. HILDEBRANDT, G. RICKHEIT & H. STROHNER (1993) skizzieren die grundlegenden theoretischen Annahmen sowie die Komponenten und deren Zusammenspiel eines Computermodells für eine kognitive Theorie des Textverstehens. Peter HELWIG (1983) beleuchtet die Hürden bei der maschinellen Verarbeitung der Sprache unter semantischen Gesichtspunkten (formale Analyse der Sprache, Weltwissen) aus der Sicht der Sprachwissenschaft. Rosemarie RHEINWALD (1991) vertritt — nach Analyse der Unterscheidungen von Syntax und externer bzw. interner Semantik sowie Extension und Intension — die These, daß auch im anspruchsvollen Sinne sprachverstehende Maschinen im Prinzip möglich sind.

Bernd SWITALLA (1990) untersucht — am Beispiel von LISP — kritisch die Leistungen und die impliziten Voraussetzungen und Vorannahmen bei der Repräsentation von Satzausdrücken, Geschichten, Sprechakten und Handlungsbeschreibungen durch diesen in der KI üblichen Formalismus (und konstatiert dabei „ein fundamentales Mißverständnis . . . nämlich, über formalisierte und automatisierte Beschreibungen von Interpretationen sprachlicher Ausdrücke dem pragmatischen Zusammenhang der Sprache mit dem Denken, Handeln, Wahrnehmen und Fühlen auf die Spur zu kommen“; S. 204).

B.2 Literaturverzeichnis*

- ALBERT, J. & T. OTTMANN (1983). *Automaten, Sprachen und Maschinen für Anwender*. Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut
- ALLEN, J. (1987). *Natural Language Understanding*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings
- ANDERSON, J. R. (1988). *Kognitive Psychologie: eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft (2. Auflage 1989, Original: *Cognitive Psychology and Its Implications*, New York und Oxford 1985: Freeman)
- APEL, K.-O. (1990). Ist Intentionalität fundamentaler als sprachliche Bedeutung? Transzendentalpragmatische Argumente gegen die Rückkehr zum semantischen Intentionalismus der Bewußtseinsphilosophie. In: Forum für Philosophie Bad Homburg (Hrsg.), *Intentionalität und Verstehen* (S. 13–54). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- ARNOLD, D., L. BALKAN, R. LEE HUMPHREYS, S. MEIJER & L. SADLER (1994). *Machine Translation: an Introductory Guide*. Oxford: NCC Blackwell
- AUSTIN, J. L. (1977). Wahrheit. In: G. Skirbekk (Hrsg.), *Wahrheitstheorien: eine Auswahl aus den Diskussionen über Wahrheit im 20. Jahrhundert* (S. 226–245). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Truth*, Proceedings of the Aristotelian Society, Suppl. Vol. XXIV, 1950)
- AUSTIN, J. L. (1979). *Zur Theorie der Sprechakte*. Stuttgart: Reclam (2., überarbeitete Auflage, Original: *How to do things with Words*, 2., überarb. Aufl. 1975, Oxford University Press)
- BARWISE, J. & J. PERRY (1987). *Situationen und Einstellungen: Grundlagen der Situationssemantik*. Berlin, New York: de Gruyter (Original: *Situations and Attitudes*, 1983, MIT Press/Bradford)
- BAUMANN, R. (1995). Sprachverarbeitung als Mustervergleich oder: Wider die „Computerfreaks“! *LOG IN*, 3/95, S. 30–36, 5-6/95, S. 40–43
- BECKER, B. (1992). *Künstliche Intelligenz: Konzepte, Systeme, Verheißungen*. Frankfurt/Main, New York: Campus
- BECKERMANN, A. U. A. (1992). Das Problem der Intentionalität — Naturalistische Lösung oder meßtheoretische Auflösung? *Ethik und Sozialwissenschaften* 3, Heft 4, S. 433–522 (mit Kritiken von 28 Autorinnen und Autoren, einer Replik und einer Metakritik von Holm Tetens)
- BECKERMANN, A. (1994). Der Computer — ein Modell des Geistes? In: S. Krämer (Hrsg.), *Geist — Gehirn — künstliche Intelligenz: zeitgenössische Modelle des Denkens, Ringvorlesung an der FU Berlin* (S. 71–87). Berlin, New York: de Gruyter
- BIERWISCH, M. (1966). Strukturalismus. Geschichte, Probleme und Methoden. *Kursbuch* 5, S. 77–152
- BODEN, M. A. (1988). *Computer Models of Mind: Computational Approaches in Theoretical Psychology*. Cambridge University Press
- BODEN, M. A. [HRSG.] (1990). *The Philosophy of Artificial Intelligence*. Oxford: Oxford University Press
- BÖCKER, H.-D., G. FISCHER & U. SCHOLLWÖCK (1987). *Interaktives Problemlösen mit LOGO. Band 2: Praktische Projekte. Teil 3: Künstliche Intelligenz und Sprache*. Vaterstetten: IWT
- BRAUN, E. [HRSG.] (1996). *Der Paradigmenwechsel in der Sprachphilosophie: Studien und Texte*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft

*„Klassiker“ wie z. B. ARISTOTELES, LOCKE, KANT, FREGE, RUSSELL und WITTGENSTEIN werden im Text mit den üblichen Angaben zitiert und sind in diesem Literaturverzeichnis nicht eigens angeführt.

- CARNAP, R. (1993). *Mein Weg in die Philosophie*. Stuttgart: Reclam (Original: Rudolf Carnap: Intellectual Autobiography. In: The Philosophy of R. Carnap. Ed. by P. A. Schilpp, La Salle/London 1963)
- CHOMSKY, N. (1969). *Aspekte der Syntax-Theorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Aspects of the Theory of Syntax, Cambridge, Mass. 1965: MIT Press)
- CHOMSKY, N. (1977). *Reflexionen ber Sprache*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Reflections on Language, New York 1975)
- CHOMSKY, N. (1981). *Regeln und Repräsentationen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Rules and Representations, New York 1980: Columbia University Press)
- CREVIER, D. (1993). *AI: the tumultuous history of the search for artificial intelligence*. New York: Basic Books
- CRYSTAL, D. (1993). *Die Cambridge Enzyklopädie der Sprache*. Frankfurt/Main, New York: Campus (Original: The Cambridge Encyclopedia of Language, Cambridge/New York/Melbourne 1987: Cambridge University Press)
- DAVIDSON, D. (1986a). Wahrheit und Bedeutung. In: ders., *Wahrheit und Interpretation* (S. 40–67). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Truth and Meaning. In: *Synthese*, 17 (1967), S. 304–323; Nachdruck in: ders., *Inquiries into Truth and Interpretation*, Oxford University Press 1984, S. 17–36)
- DAVIDSON, D. (1986b). Radikale Interpretation. In: ders., *Wahrheit und Interpretation* (S. 183–203). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Radical Interpretation, *Dialectica*, 27 (1973), S. 313–328; Nachdruck in: ders., *Inquiries into Truth and Interpretation*, Oxford University Press 1984, S. 125–140)
- DAVIDSON, D. (1986c). Was ist eigentlich ein Begriffsschema? In: ders., *Wahrheit und Interpretation* (S. 261–282). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: On the Very Idea of a Conceptual Scheme, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*, 47, 1974; Nachdruck in: ders., *Inquiries into Truth and Interpretation*, Oxford University Press 1984, S. 183–198)
- DAVIDSON, D. (1986d). Realität ohne Bezugnahme. In: ders., *Wahrheit und Interpretation* (S. 306–320). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Reality Without Reference, *Dialectica*, 31 (1977), S. 247–253; Nachdruck in: ders., *Inquiries into Truth and Interpretation*, Oxford University Press 1984, S. 215–226)
- DAVIS, E. (1990). *Representations of Commonsense Knowledge*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann
- D’AVIS, W. (1994). *Können Computer denken? Eine bedeutungs- und zeittheoretische Analyse von KI-Maschinen*. Frankfurt/Main, New York: Campus
- DECHAU, C.-P. (1989). Der Traum vom redenden Rechner. *GEO Wissen Nr. 2: Kommunikation*, S. 44–55
- DEGELE, N. (1994). *Der überforderte Computer: zur Soziologie menschlicher und künstlicher Intelligenz*. Frankfurt/Main, New York: Campus
- DEKER, U. (1989). *Künstliche Intelligenz*. Stuttgart: IBM (Enzyklopädie der Informationsverarbeitung)
- DENGEL, A. (1994). *Künstliche Intelligenz: allgemeine Prinzipien und Modelle*. Mannheim u. a.: B.I.-Taschenbuchverlag (Meyers Forum, 13)
- DENNETT, D. C. (1990). Cognitive Wheels: The Frame Problem of AI. In: M. Boden (Hrsg.), *The Philosophy of Artificial Intelligence* (S. 147–170). Oxford: Oxford University Press (Erstveröffentlichung in: C. Hookway (Hrsg.), *Minds, Machines, and Evolution*, Cambridge University Press 1984, S. 129–151)

- DENNETT, D. C. (1993). Können Maschinen denken? In: R. Kurzweil, *KI: das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz* (S. 48–61). München, Wien: Hanser (Original: *The Age of Intelligent Machines*, 1990, 1992 Massachusetts Institute of Technology)
- DREYFUS, H. L. (1985). *Die Grenzen künstlicher Intelligenz: Was Computer nicht können*. Königstein/Ts.: Athenäum (Original: *What Computers can't do — The Limits of Artificial Intelligence*, New York 1979: Harper & Row)
- DREYFUS, H. L. (1993). Was Computer noch immer nicht können. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, (41) Heft 4, S. 653–680
- DREYFUS, H. L. & S. E. DREYFUS (1987). *Künstliche Intelligenz: Von den Grenzen der Denkmachine und dem Wert der Intuition*. Reinbek: Rowohlt (Original: *Mind over Machine*, New York 1986: The Free Press)
- DUMMETT, M. (1982a). Was ist eine Bedeutungstheorie? In: J. Schulte (Hrsg.), M. Dummett, *Wahrheit. Fünf philosophische Aufsätze* (S. 94–155). Stuttgart: Reclam (Original: *What is a Theory of Meaning?* In: S. Guttenplan (Hrsg.), *Mind and Language*, Oxford 1975, S. 97–138)
- DUMMETT, M. (1982b). Freges Unterscheidung in Sinn und Bedeutung. In: J. Schulte (Hrsg.), M. Dummett, *Wahrheit. Fünf philosophische Aufsätze* (S. 47–93). Stuttgart: Reclam (Original: *Frege's Distinction between Sense and Reference*. In: ders., *Truth and Other Enigmas*, London 1978, S. 116–144)
- DUMMETT, M. (1988). *Ursprünge der analytischen Philosophie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- ECO, U. (1994). *Die Suche nach der vollkommenen Sprache*. München: Beck (Original: *La ricerca della lingua perfetta nella cultura europea*, Rom–Bari 1993: Laterza)
- EDELMAN, G. M. (1995). *Göttliche Luft, vernichtendes Feuer: wie der Geist im Gehirn entsteht*. München: Piper (Original: *Bright Air, Brilliant Fire — On the Matter of the Mind*, New York 1992: Basic Books)
- FIEHLER, R. (1990). Kommunikation, Information und Sprache: alltagsweltliche und wissenschaftliche Konzeptualisierungen und der Kampf um die Begriffe. In: R. Weingarten (Hrsg.), *Information ohne Kommunikation? Die Loslösung der Sprache vom Sprecher* (S. 99–128). Frankfurt am Main: Fischer
- FODOR, J. A. (1975). *The Language of Thought*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press
- FODOR, J. A. (1987). *Psychosemantics: the Problem of Meaning in the Philosophy of Mind*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press
- FRANZEN, W. (1995). Die Sprache und das Denken: zum Stand der Diskussion über den „linguistischen Relativismus“. In: J. Trabant (Hrsg.), *Sprache denken: Positionen aktueller Sprachphilosophie* (S. 249–268). Frankfurt am Main: Fischer
- GARDNER, H. (1989). *Dem Denken auf der Spur: der Weg der Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta (Original: *The Mind's New Science. A History of the Cognitive Revolution*, New York 1985: Basic Books)
- GARFINKEL, H. (1972). Remarks on Ethnomethodology. In: J. J. Gumperz & D. Hymes (Hrsg.), *Directions in Sociolinguistics: the Ethnography of Communication* (S. 301–324). New York: Holt, Rinehart and Winston
- GAUGER, H.-M. & H. HECKMANN [HRSG.] (1988). *Wir sprechen anders: warum Computer nicht sprechen können*. Frankfurt am Main: Fischer
- GENESERETH, M. R. & N. J. NILSSON (1989). *Logische Grundlagen der Künstlichen Intelligenz*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg (Original: *Logical Foundations of Artificial Intelligence*, Los Altos, California 1987, Morgan Kaufmann)

- GETHMANN, C. F. (1979). *Protologik: Untersuchungen zur formalen Pragmatik von Begründungsdiskursen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- GETHMANN, C. F. & G. SIEGWART (1991). Sprache. In: E. Martens & H. Schnädelbach (Hrsg.), *Philosophie: ein Grundkurs*, Band 2 (S. 549–605). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Überarbeitete und erweiterte Neuauflage in zwei Bänden)
- GLASERFELD, E. v. (1991). Abschied von der Objektivität. In: P. Watzlawick & P. Krieg (Hrsg.), *Das Auge des Betrachters: Beiträge zum Konstruktivismus* (S. 17–30). München: Piper
- GÖRZ, G. (1988). *Strukturanalyse natürlicher Sprache: ein Verarbeitungsmodell zum maschinellen Verstehen gesprochener und geschriebener Sprache*. Bonn u.a.: Addison-Wesley
- GÖRZ, G. [HRSG.] (1993). *Einführung in die künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley
- GOLECKI, R. (1980). Kursbeispiel: Philosophische Aspekte der formalen Logik. *Zeitschrift für Didaktik der Philosophie*, 3/1980, S. 159–163
- GOODMANN, N. (1975). *Tatsache, Fiktion, Voraussage*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Fact, Fiction and Forecast*, Cambridge, Mass. 1955, Harvard University Press)
- GREWENDORF, G. [HRSG.] (1979). *Sprechakttheorie und Semantik*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- GREWENDORF, G., F. HAMM & W. STERNEFELD (1987). *Sprachliches Wissen: eine Einführung in moderne Theorien der grammatischen Beschreibung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (4. Auflage 1990)
- GRICE, H. P. (1993a). Sprecher-Bedeutung, Satz-Bedeutung, Wort-Bedeutung. In: G. Meggle (Hrsg.), *Handlung, Kommunikation, Bedeutung* (erweiterte Taschenbuchausgabe der ersten Auflage von 1979, S. 85–111). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Utterer's Meaning, Sentence-Meaning, and Word-Meaning*, *Foundations of Language*, 4, 1968, S. 1–18)
- GRICE, H. P. (1993b). Logik und Konversation. In: G. Meggle (Hrsg.), *Handlung, Kommunikation, Bedeutung* (erweiterte Taschenbuchausgabe der ersten Auflage von 1979, S. 243–265). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Logic and Conversation*, in: P. Cole & J. Morgan (Hrsg.), *Syntax and Semantics*, Vol. 3, New York/San Francisco/London 1975, S. 41–58)
- GROSS, M. & A. LENTIN (1971). *Mathematische Linguistik: eine Einführung*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer (Original: *Notions sur les Grammaires formelles*, Paris 1967: Gauthier-Villars)
- GRZESIK, J. (1990). *Textverstehen lernen und lehren: geistige Operationen im Prozeß des Textverstehens und typische Methoden für die Schulung zum kompetenten Leser*. Stuttgart: Klett
- HABERMAS, J. (1968). *Technik und Wissenschaft als „Ideologie“*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- HABERMAS, J. (1971). Vorbereitende Bemerkungen zu einer Theorie der kommunikativen Kompetenz. In: J. Habermas & N. Luhmann, *Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie — Was leistet die Systemforschung?* (S. 101–141). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- HABERMAS, J. (1976). Was heißt Universalpragmatik? In: K.-O. Apel (Hrsg.), *Sprachpragmatik und Philosophie* (S. 174–272). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- HABERMAS, J. (1981). *Theorie des kommunikativen Handelns*. Band 1: *Handlungsrationalität und gesellschaftliche Rationalisierung*. Band 2: *Zur Kritik der funktionalistischen Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- HAGÈGE, C. (1987). *Der dialogische Mensch: Sprache — Weltbild — Gesellschaft*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: *L'homme de paroles. Contribution linguistique aux sciences humaines*, Paris 1985: Librairie Arthème Fayard)
- HAHN, W. v. (1985). *Künstliche Intelligenz*. Stuttgart: SEL-Stiftungs-Reihe 2

- HAHN, W. v. (1995). Computermodelle der Sprache und des Sprechens. In: V. Braitenberg & I. Hosp (Hrsg.), *Simulation: Computer zwischen Experiment und Theorie* (S. 80–99). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- HAUGELAND, J. (1987). *Künstliche Intelligenz — Programmierter Vernunft?* Hamburg: McGraw-Hill (Original: *Artificial Intelligence: The Very Idea*, 1985, MIT Press)
- HAYAKAWA, S. I. (o. J.). *Semantik: Sprache im Denken und Handeln*. Darmstadt: Verlag Darmstädter Blätter (2. Auflage. Original: *Language in Thought and Action*, 2nd edition, New York 1941–64: Harcourt, Brace & World)
- HEINTEL, E. (1991). *Einführung in die Sprachphilosophie*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft (4., um ein Nachwort erweiterte Auflage)
- HEINTZ, B. (1993). *Die Herrschaft der Regel: zur Grundlagengeschichte des Computers*. Frankfurt/Main, New York: Campus
- HEIZMANN, S. (1991). Viel K, wenig I: vier PC-Sprachübersetzungssysteme. *c't* 12/1991, S. 196–202
- HEIZMANN, S. & E. ZIMMERMANN (1990). Eine Symbolics, die Deutsch kann ... Maschinelle Übersetzung — besser als ihr Ruf? *c't* 1/1990, S. 34–48
- HELLWIG, P. (1983). Rechnen mit Sprache: Möglichkeiten und Probleme der maschinellen Sprachverarbeitung. *Der Deutschunterricht*, Jg. 35, Heft 4, S. 15–38
- HENGELBROCK, J. (1981). Strukturalistische Sprachbetrachtung. *Philosophie: Anregungen für die Unterrichtspraxis*, Heft 4, S. 29–45
- HEYER, G. (1990). Probleme und Aufgaben einer angewandten Computerlinguistik. *KI* 1/1990, S. 38–42
- HILDEBRANDT, B., G. RICKHEIT & H. STROHNER (1993). WORT: eine Computersimulation kognitiver Textverstehensprozesse. *Kognitionswissenschaft* 3, S. 95–106
- HOFMANN, A. (1995). *Bedeutungsbegriff und Bedeutungstheorie: zur Erklärung eines Rätsels*. Tübingen, Basel: Francke
- HOFSTADTER, D. R. (1985). *Gödel, Escher, Bach: ein Endloses Geflochtenes Band*. Stuttgart: Klett-Cotta (Original: *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*. New York 1979: Basic Books)
- HOLENSTEIN, E. (1980). *Von der Hintergebarkeit der Sprache: kognitive Unterlagen der Sprache*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- HOLENSTEIN, E. (1994). Menschliche Gleichartigkeit und kulturelle Mannigfaltigkeit. *Information Philosophie*, 2/1994, S. 5–15
- HOLZ, S. (1994). *Sprach- und Computergrammatik*. Bielefeld: Unterrichtsmaterialien aus dem Oberstufen-Kolleg, Band 68
- HORGAN, T. & J. TIENSON (1993). Levels of Description in Nonclassical Cognitive Science. In: C. Hookway & D. Peterson (Hrsg.), *Philosophy and Cognitive Science* (S. 159–188). Cambridge: Cambridge University Press
- HÖRMANN, H. (1976). *Meinen und Verstehen: Grundzüge einer psychologischen Semantik*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- HUTCHINS, W. J. & H. L. SOMERS (1992). *An Introduction to Machine Translation*. London u. a.: Academic Press
- JANICH, P. (1992). Ist Information ein Naturgegenstand? Menschliches Handeln als Ursprung des Informationsbegriffes. In: ders., *Grenzen der Naturwissenschaft: Erkennen als Handeln* (138–161). München: Beck

- JOHNSON, G. (1984). ... und wenn er Witze macht, sind es nicht die seinen. Dialog mit dem Computer. *Kursbuch* 75, S. 38–56
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). *Mental Models: towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press (3. Auflage 1990)
- KAHNEMAN, D., P. SLOVIC & A. TVERSKY (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge u. a.: Cambridge University Press
- KAMLAH, W. & P. LORENZEN (1967). *Logische Propädeutik: Vorschule des vernünftigen Redens*. Mannheim: Bibliographisches Institut
- KELLER, A. (1989). *Sprachphilosophie*. Freiburg, München: Alber (2., bearbeitete Auflage)
- KELLER, J. & H. LEUNINGER (1993). *Grammatische Strukturen — Kognitive Prozesse: ein Arbeitsbuch*. Tübingen: Narr
- KLEIBER, G. (1993). *Prototypensemantik: eine Einführung*. Tübingen: Narr (Original: La sémantique du prototype. Catégories sens lexical, Paris 1990: Presses Univisitaires de France)
- KRÄMER, S. (1988). *Symbolische Maschinen: Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriß*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- KREISER L., S. GOTTWALD & W. STELZNER [HRSG.] (1990). *Nichtklassische Logik: eine Einführung*. Berlin: Akademie (2., durchgesehene Auflage)
- KRIFKA, M. (1986). Ist Schwyzertütsch nicht kontext-frei? *Spektrum der Wissenschaft* 3/1986, S. 25–30
- KRIPKE, S. A. (1981). *Name und Notwendigkeit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Naming and Necessity, in: G. Harman & D. Davidson (Hrsg.), *Semantics of Natural Language*, Dordrecht 1972: D. Reidel, S. 253–355; separat Oxford 1980: Blackwell)
- KRIPPENDORFF, K. (1990). Der verschwundene Bote: Metaphern und Modelle der Kommunikation. In: Deutsches Institut für Fernstudien (Hrsg.), *Funkkolleg Medien und Kommunikation: Konstruktionen von Wirklichkeit*. Studieneinheit 6, Studienbrief 3 (S. 11–50). Weinheim und Basel: Beltz
- KÜNNE, W. (1983). *Abstrakte Gegenstände: Semantik und Ontologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- KÜNNE, W. (1991). Wahrheit. In: E. Martens & H. Schnädelbach (Hrsg.), *Philosophie: Ein Grundkurs*, Band 1 (S. 116–171). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Überarbeitete und erweiterte Neuausgabe in zwei Bänden)
- KUTSCHERA, F. v. (1975). *Sprachphilosophie*. München: W. Fink (2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage)
- LENKE, N. (1991). *Das Kommunikationsmodell der Künstlichen-Intelligenz-Forschung*. Aachen: Alano, Rader (Aachener Studien zur Semiotik und Kommunikationsforschung, Band 26)
- LESSMANN, J. (1995). Fächerübergreifender Unterricht: ein Beitrag zur Entwicklung eines gymnasialen Schulcurriculums. *LOG IN*, 5-6/95, S. 21–29
- LORENZEN, P. (1955). *Einführung in die operative Logik und Mathematik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer (2. Auflage 1969)
- LORENZEN, P. (1980). Rationale Grammatik. In: C. F. Gethmann (Hrsg.), *Theorie des wissenschaftlichen Argumentierens* (S. 73–94). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- LORENZEN, P. & K. LORENZ (1978). *Dialogische Logik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- LUHMANN, N. (1984). *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp

- LUHMANN, N. (1988). Wie ist Bewußtsein an Kommunikation beteiligt? In: H. U. Gumbrecht & K. L. Pfeiffer (Hrsg.), *Materialität der Kommunikation* (S. 884–905). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- LYONS, J. (1971a). *Einführung in die moderne Linguistik*. München: Beck (7., unveränderte Auflage, 1989, Original: Introduction to Theoretical Linguistics, 1968, Cambridge University Press)
- LYONS, J. (1971b). *Noam Chomsky*. München: Deutscher Taschenbuchverlag (Original: New York 1970, Viking Press)
- LYONS, J. (1983). *Die Sprache*. München: Beck (4., durchgesehene Auflage, 1992, Original: Language and Linguistics, 1981, Cambridge University Press)
- MACHEINER, J. (1995). *Übersetzen: ein Vademecum*. Frankfurt am Main: Eichborn
- MAINZER, K. (1995). *Computer — Neue Flügel des Geistes? Die Evolution computergestützter Technik, Wissenschaft, Kultur und Philosophie*. Berlin, New York: de Gruyter
- MATURANA, H. R. (1982). *Erkennen: die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit: ausgewählte Arbeiten zur biologischen Epistemologie*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg (2., durchgesehene Auflage 1985)
- MATURANA, H. R. & F. J. VARELA (1987). *Der Baum der Erkenntnis: wie wir die Welt durch unsere Wahrnehmung erschaffen — die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*. Bern, München, Wien: Scherz (Original: El árbol del conocimiento, 1984)
- MCCARTHY, J. (1996). Mathematische Logik in Künstlicher Intelligenz. In: S. R. Graubard (Hrsg.), *Probleme der Künstlichen Intelligenz: eine Grundlagendiskussion* (S. 283–296). Wien, New York: Springer (Original: The Artificial Intelligence Debate, Cambridge MA 1988, MIT Press)
- MCDERMOTT, D. (1990). A Critique of Pure Reason. In: M. Boden (Hrsg.), *The Philosophy of Artificial Intelligence* (S. 206–230). Oxford: Oxford University Press (Erstveröffentlichung in: Computational Intelligence 3 (1987), S. 151–160)
- MILLER, G. A. (1995). *Wörter: Streifzüge durch die Psycholinguistik*. Frankfurt am Main: Zweitausendeins (Original: The Science of Words, New York 1991: Scientific American Library)
- MILLIKAN, R. G. (1984). *Language, Thought, and Other Biological Categories. New Foundations for Realism*. Cambridge, Mass., London: MIT Press, Bradford
- MINSKY, M. (1990). *Mentopolis*. Stuttgart: Klett-Cotta (Original: The Society of Mind, New York 1985: Simon & Schuster)
- MINSKY, M. (1992). Ein Rahmen für die Wissensrepräsentation. In: D. Münch (Hrsg.), *Kognitionswissenschaft: Grundlagen, Probleme, Perspektiven* (S. 92–133). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: A Framework for Representing Knowledge. MIT AI Lab Memo #306, 1974. Gekürzter Nachdruck in: P. H. Winston (Hrsg.), *The Psychology of Computer Vision*, New York 1975: McGraw-Hill, S. 211–277, und in: J. Haugeland (Hrsg.), *Mind Design*, Cambridge, MA 1981: Bradford Books/The MIT Press, S. 95–128)
- MÖCKE, F. & J. LECKEBUSCH (1995). Gutes Deutsch: integrierte Hilfen zu Rechtschreibung, Wortwahl und Grammatik. *c't* 7/1995, S. 154–161
- MÜNCH, D. (1992). Computermodelle des Geistes. In: D. Münch (Hrsg.), *Kognitionswissenschaft: Grundlagen, Probleme, Perspektiven* (S. 7–53). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- NEUMANN, G. (1993). Grammatikformalisten in der Generierung und ihre Verarbeitung. *KI* 2/1993, S. 22–30
- NOLAN, R. (1994). *Cognitive Practices: Human Language and Human Knowledge*. Oxford, Cambridge MA: Blackwell

- NORMAN, D. A. & D. E. RUMELHART (1978). *Strukturen des Wissens: Wege der Kognitionsforschung*. Stuttgart: Klett-Cotta (Original: Explorations in Cognition, San Francisco 1975: Freeman and Co.)
- PEIRCE, C. S. (1983). *Phänomen und Logik der Zeichen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Syllabus of Certain Topics of Logic)
- PILZ, E. (1991). *Künstliche Intelligenz, Logik und Mathematikunterricht*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker
- PINKAL, M. (1989). Neuere Semantikmodelle für die Verarbeitung natürlicher Sprache. In: K. v. Luck (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz. KIFS-89* (S. 202–223). Berlin/Heidelberg: Springer (Informatik-Fachberichte 203)
- PINKAL, M. (1993). Semantik. In: G. Görz (Hrsg.), *Einführung in die künstliche Intelligenz* (S. 425–498). Bonn: Addison-Wesley
- PSYCHOLOGIE HEUTE [HRSG.] (1987a). Intelligenz — gibt's die? Ein Gespräch mit Ulric Neisser. In: dies., *Wenn du denkst ... Thema: Intelligenz* (S. 67–81). Weinheim und Basel: Beltz
- PUNTEL, L. B. (1993). *Wahrheitstheorien in der neueren Philosophie: eine kritisch-systematische Darstellung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft (3., um einen ausführlichen Nachtrag erweiterte Auflage)
- PUTNAM, H. (1979). *Die Bedeutung von „Bedeutung“*. Frankfurt am Main: Klostermann (2., durchges. Aufl.; Original: The Meaning of „Meaning“, in: K. Gunderson (Hrsg.), *Language, Mind, and Knowledge*, University of Minnesota Press, 1975)
- PUTNAM, H. (1991). *Repräsentation und Realität*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: Representation and Reality, Massachusetts Institute of Technology, 1988)
- PUTNAM, H. (1993a). Modelle und Wirklichkeit. In: V. C. Müller (Hrsg.), H. Putnam, *Von einem realistischen Standpunkt: Schriften zu Sprache und Wirklichkeit* (S. 101–132). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: Models and Reality, in: *Journal of Symbolic Logic* XLV, 1980, S. 464–482)
- PUTNAM, H. (1993b). Referenz und Wahrheit. In: V. C. Müller (Hrsg.), H. Putnam, *Von einem realistischen Standpunkt: Schriften zu Sprache und Wirklichkeit* (S. 133–155). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: Reference and Truth, in: ders., *Realism and Reason. Philosophical Papers*, Vol. III, Cambridge University Press 1983, S. 69–86)
- PUTNAM, H. (1993c). Warum es keine Fertigwelt gibt. In: V. C. Müller (Hrsg.), H. Putnam, *Von einem realistischen Standpunkt: Schriften zu Sprache und Wirklichkeit* (S. 174–202). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: Why There Isn't a Ready-Made World. In: *Synthese*, 51 (1982), S. 141–168)
- PUTNAM, H. (1993d). Wozu die Philosophen? In: V. C. Müller (Hrsg.), H. Putnam, *Von einem realistischen Standpunkt: Schriften zu Sprache und Wirklichkeit* (S. 203–220). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: Pourquoi les Philosophes? in: A. Jacob (Hrsg.), *L'Encyclopédie Philosophique Universelle*, Paris 1986: Presses Univisitaires de France)
- PUTNAM, H. (1996). Viel Lärm um fast nichts. In: S. R. Graubard (Hrsg.), *Probleme der Künstlichen Intelligenz: eine Grundlagendiskussion* (S. 257–268). Wien, New York: Springer (Original: The Artificial Intelligence Debate, Cambridge MA 1988, MIT Press)
- QUINE, W. v. O. (1969). *Grundzüge der Logik*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Methods of Logic*, New York u. a. 1964: Holt, Rinehart and Wilson)
- QUINE, W. v. O. (1975). *Ontologische Relativität und andere Schriften*. Stuttgart: Reclam (Original: *Ontological Relativity and Other Essays*, New York 1969: Columbia University Press)

- QUINE, W. v. O. (1979). Zwei Dogmen des Empirismus. In: ders., *Von einem logischen Standpunkt: neun logisch-philosophische Essays* (S. 27–50). Frankfurt/M, Berlin, Wien: Ullstein (Original: Two dogmas of empiricism, in: *From a Logical Point of View*, Cambridge, Mass. 1953: Harvard University Press)
- QUINE, W. v. O. (1980). *Wort und Gegenstand*. Stuttgart: Reclam (Original: *Word and Object*, Cambridge, Mass. 1960: MIT Press)
- RAMMERT, W. [HRSG.] (1995). *Soziologie und künstliche Intelligenz: Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*. Frankfurt/Main, New York: Campus
- RANDOW, G. v. (1991). Wie bitte? Maschinelle Übersetzung. *Chip* 9/1991, S. 26–30
- RAPOPORT, A. (1972). *Bedeutungslehre: eine semantische Kritik*. Darmstadt: Verlag Darmstädter Blätter (Original: *Invitation to Semantics*, New York 1973: T. Y. Crowell Co.)
- READ, S. (1997). *Philosophie der Logik: eine Einführung*. Reinbek: Rowohlt (Original: *Thinking About Logic*, 1995, Oxford University Press)
- RHEINWALD, R. (1991). Können Maschinen eine Sprache sprechen? Sind Computerprogramme syntaktisch oder semantisch? *Kognitionswissenschaft*, 2, S. 37–49
- RORTY, R. (1981). *Der Spiegel der Natur: eine Kritik der Philosophie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Philosophy and the Mirror of Nature*, 1979, Princeton University Press)
- RUESCH, J. & G. BATESON (1995). *Kommunikation: die soziale Matrix der Psychiatrie*. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme (Original: *Communication: The Social Matrix of Psychiatry*, New York 1951: W. W. Norton & Co.)
- RUESCH, J. & G. BATESON (1995). *Kommunikation: die soziale Matrix der Psychiatrie*. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme (Original: *Communication: The Social Matrix of Psychiatry*, New York 1951: W. W. Norton & Co.)
- RUNGGALDIER, E. (1990). *Analytische Sprachphilosophie*. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer (Grundkurs Philosophie 11)
- RUSCH, G. (1990). Verstehen verstehen: kognitive Autonomie und soziale Regulation. In: Deutsches Institut für Fernstudien (Hrsg.), *Funkkolleg Medien und Kommunikation: Konstruktionen von Wirklichkeit*. Studieneinheit 8, Studienbrief 4 (S. 11–44). Weinheim und Basel: Beltz
- RUSCH, G. (1992). Auffassen, Begreifen und Verstehen: neue Überlegungen zu einer konstruktivistischen Theorie des Verstehens. In: S. J. Schmidt (Hrsg.), *Kognition und Gesellschaft: der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2* (S. 214–256). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- SAHR, A. (1989). Maschinelle Sprachverarbeitung durch menschliche Intelligenz: der Computer als Sprach-Maschine. *LOG IN* 2/1989, S. 11–21
- SAVIGNY, E. v. (1993). *Die Philosophie der normalen Sprache: eine kritische Einführung in die „ordinary language philosophy“*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Veränderte Neuausgabe)
- SCHAFF, A. (1973). *Einführung in die Semantik*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: *Wstep do semantyki*, Warschau 1960)
- SCHANK, R. C. mit P. G. CHILDERS (1986). *Die Zukunft der Künstlichen Intelligenz: Chancen und Risiken*. Köln: DuMont (Original: *The Cognitive Computer: on Language, Learning, and Artificial Intelligence*. Reading, Mass. 1984: Addison Wesley)
- SCHAUER, H. (1988). *LOGO: jenseits der Turtle*. Wien, New York: Springer
- SCHEFE, P. (1987). *Informatik — eine konstruktive Einführung: LISP, PROLOG und andere Konzepte der Programmierung*. Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut (Reihe Informatik, Band 48, 2., überarbeitete Auflage)

- SCHEFE, P. (1991). *Künstliche Intelligenz — Überblick und Grundlagen: Grundlegende Methoden zur Realisierung von Systemen der künstlichen Intelligenz* Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut (Reihe Informatik, Band 53, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage)
- SCHWY, G. (1969). *Der französische Strukturalismus: Mode, Methode, Ideologie*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- SCHMIDT, A. (1960). *Mathematische Gesetze der Logik I (Aussagenlogik)*. Berlin, Heidelberg: Springer
- SCHMIDT, N. D. (1995). *Philosophie und Psychologie: Trennungsgeschichte, Dogmen und Perspektiven*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- SCHMIDT, S. J. [HRSG.] (1987). *Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- SCHMIDT, S. J. (1990). Wir verstehen uns doch? Von der Unwahrscheinlichkeit gelingender Kommunikation. In: Deutsches Institut für Fernstudien (Hrsg.), *Funkkolleg Medien und Kommunikation: Konstruktionen von Wirklichkeit*. Studieneinheit 2, Studienbrief 1 (S. 50–78). Weinheim und Basel: Beltz
- SCHMIDT, S. J. (1992). Über die Rolle der Selbstorganisation beim Sprachverstehen. In: W. Krohn & G. Küppers (Hrsg.), *Emergenz: die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung* (S. 293–333). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- SCHNEIDER, T. (1988a). Programmierhilfen für Übersetzsysteme. *Chip Professional: Programmieren* 3, S. 35–39
- SCHNEIDER, T. (1988b). Übersetzungen aus der Maschine — Wissensbasierte Systeme in der Anwendung. *KI* 4/88, S. 60–66
- SCHNEIDER, T. (1990). Ein Wort ist kein Wort ist kein Wort: natürlich-sprachliche Systeme. In: B. Irrgang & J. Klawitter (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz* (S. 117–129). Stuttgart: Hirzel, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
- SCHNEIDER, T. (1992). Einsatz eines KI-Systems für die automatische Übersetzung. In: J. Schmidt (Hrsg.), *Denken und denken lassen: Künstliche Intelligenz — Möglichkeiten, Folgen, Herausforderung* — (S. 155–165). Neuwied: Luchterhand
- SCHNEIDER, T. (1994). Sprung über die Sprachbarriere: das maschinelle Übersetzungssystem METAL. *mc* 4/94, S. 174–180
- SCHRÖDER, J. (1992). *Das Computermodell des Geistes in der analytischen Philosophie und in der kognitiven Psychologie des Sprachverstehens*. Würzburg: Königshausen & Neumann
- SCHULT, T. J. (1994). Cyc's Fiction. Alltagswissen im Rechner: die Masse macht's. *c't* 5/1994, S. 94–103
- SCHULT, T. J. (1996). Transparente Trivialitäten: Cyc-Wissensbasis im WWW. *c't*, 10/96, S. 118–121
- SCHULZ VON THUN, F. (1981). *Miteinander reden 1: Störungen und Klärungen. Allgemeine Psychologie der Kommunikation*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- SCHUSTER, H. (1993). His Master's Voice: Entwicklungsstand der Spracherkennung mit Computern. *c't* 11/1993, S. 167–176
- SCHWARZ, M. (1992). *Einführung in die Kognitive Linguistik*. Tübingen: Francke, UTB
- SCHWARZ, M. & J. CHUR (1993). *Semantik: ein Arbeitsbuch*. Tübingen: Narr
- SCHWILL, A. & R. BAUMANN (1995). Von der klassischen Logik zur Fuzzy-Logik. *LOG IN*, 5-6/95, S. 10–20

- SEARLE, J. R. (1971). *Sprechakte: ein sprachphilosophischer Essay*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Speech Acts*, Cambridge University Press 1969)
- SEARLE, J. R. (1974). Chomskys Revolution in der Linguistik. In: G. Grewendorf & G. Meggle (Hrsg.), *Linguistik und Philosophie* (S. 404–438). Frankfurt am Main: Athenäum
- SEARLE, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *The Behavioral and Brain Sciences* 3, S. 417–457 (mit Open Peer Commentary und Author's Response)
- SEARLE, J. R. (1982). *Ausdruck und Bedeutung: Untersuchungen zur Sprechakttheorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Expression and Meaning*. Studies in the Theory of Speech Acts, Cambridge University Press 1979)
- SEARLE, J. R. (1987). *Intentionalität: eine Abhandlung zur Philosophie des Geistes*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Intentionality. An essay in the philosophy of mind*, Cambridge University Press 1983)
- SEARLE, J. R. (1992). Geist, Gehirn und Programme. In: D. Münch (Hrsg.), *Kognitionswissenschaft: Grundlagen, Probleme, Perspektiven* (S. 225–252). Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Minds, brains, and programs. The Behavioral and Brain Sciences* 3 (1980), 417–424)
- SEARLE, J. R. (1993). *Die Wiederentdeckung des Geistes*. München: Artemis & Winkler (Original: *The Rediscovery of the Mind*, Cambridge, MA 1992: MIT Press)
- SEEBASS, G. (1981). *Das Problem von Sprache und Denken*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- SEEL, M. (1990). Am Beispiel der Metapher. Zum Verhältnis von buchstäblicher und figürlicher Rede. In: Forum für Philosophie Bad Homburg (Hrsg.), *Intentionalität und Verstehen* (S. 237–272). Frankfurt am Main: Suhrkamp
- SEIDLER, R. & L. M. HILTY (1991). Die Wolken beißen heute tief: ein Blick auf die Probleme der Künstlichen Intelligenz. *Computer und Unterricht* 1, S. 52–58
- SEIDLER, R. & L. HILTY (1994). *Elemente der künstlichen Intelligenz: funktionale Programmierung und Problemlösen*. (Handreichung zum Informatikunterricht, hrsg. von der Freien und Hansestadt Hamburg, Amt für Schule, Referat S 13/12)
- SEIFFERT, H. (1969). *Einführung in die Wissenschaftstheorie*, Erster Band. München: Beck (6., unveränderte Auflage 1973)
- SIEFKES, D. (1992). *Formalisieren und Beweisen: Logik für Informatiker*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg (2., verbesserte Auflage)
- SKIRBEKK, G. [HRSG.] (1977). *Wahrheitstheorien: eine Auswahl aus den Diskussionen über Wahrheit im 20. Jahrhundert*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- SMYTHE, W. E. (1990). Wie sind Symbole zu interpretieren? Repräsentationen bei Frege und Peirce. *Zeitschrift für Semiotik*, Band 12, Heft 1–2, S. 47–62
- SPERBER, D. & D. WILSON (1986). *Relevance: Communication and Cognition*. Oxford: Blackwell
- STEGMÜLLER, W. (1979). *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie: eine kritische Einführung*, Band 2. Stuttgart: Kröner (6., erweiterte Aufl.)
- STEGMÜLLER, W. & M. VARGA VON KIBÉD (1984). *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Band III, Strukturtypen der Logik*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer
- STEINER, G. (1994). *Nach Babel: Aspekte der Sprache und des Übersetzens*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Erweiterte Neuauflage. Original: *After Babel. Aspects of Language and Translation* (Second Edition), Oxford University Press 1992)

- STEUP, W. (1995). *Mensch und neue Maschinensysteme: Künstliche Intelligenz und Sprachverarbeitung in der politischen Bildung*. Schwalbach/Ts.: Wochenschau-Verlag
- STEUP, W. (1996). „Ist der Mensch eine Maschine?“ *Computer und Unterricht* 21, S. 28–34
- STOLZE, R. (1994). *Übersetzungstheorien: eine Einführung*. Tübingen: Narr
- SWITALLA, B. (1990). Die Sprache (in) der künstlichen Intelligenz: Die implizite Verstehenstheorie von LISP. In: R. Weingarten (Hrsg.), *Information ohne Kommunikation? Die Loslösung der Sprache vom Sprecher* (S. 165–208). Frankfurt am Main: Fischer
- TAUBE, M. (1966). *Der Mythos der Denkmachine: kritische Betrachtungen zur Kybernetik*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: *Computers and Common Sense — the Myth of Thinking Machines*, New York 1961: Columbia University Press)
- TICHY, M. (1994). Über die Grenzen einer Kritik an der ‚künstlichen Intelligenz‘. *Zeitschrift für philosophische Forschung*, Band 48, Heft 2, S. 247–258
- TICHY, M. (1996). Wer hat Angst vor dem Computer? Fächerübergreifender Unterricht Philosophie – Informatik. *Zeitschrift für Didaktik der Philosophie und Ethik*, 2/96, S. 115–123
- TOULMIN, S. (1991). *Kosmopolis: die unerkannten Aufgaben der Moderne*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Cosmopolis: the Hidden Agenda of Modernity*, New York 1990: The Free Press)
- TRABANT, J. [HRSG.] (1995). *Sprache denken: Positionen aktueller Sprachphilosophie*. Frankfurt am Main: Fischer
- TROST, H. (1986). Wissensrepräsentation in der AI am Beispiel Semantischer Netze. In: J. Retti (Hrsg.), *Artificial Intelligence — Eine Einführung* (S. 49–74). Stuttgart: Teubner (Leitfäden der angewandten Informatik, 2., überarbeitete Auflage)
- TUGENDHAT, E. (1976). *Vorlesungen zur Einführung in die sprachanalytische Philosophie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- TUGENDHAT, E. & U. WOLF (1983). *Logisch-semantische Propädeutik*. Stuttgart: Reclam
- WAHLSTER, W. (1982). Natürlichsprachliche Systeme: eine Einführung in die sprachorientierte KI-Forschung. In: W. Bibel & J. H. Siekmann (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz* (S. 203–283). Berlin/Heidelberg: Springer (Frühjahrsschule Teisendorf März 1982, Informatik-Fachberichte 59)
- WAHLSTER, W. (1993). Verbmobil: Übersetzung von Verhandlungsdialogen. *KI-93*, S. 20–21 (Sonderheft zur 17. Fachtagung für künstliche Intelligenz)
- WANDRUSZKA, M. (1988). Plädoyer für die Mehrdeutigkeit. In: Gauger, H.-M. & H. Heckmann (Hrsg.), *Wir sprechen anders: warum Computer nicht sprechen können* (S. 64–72). Frankfurt am Main: Fischer
- WATZLAWICK, P., J. H. BEAVIN & D. D. JACKSON (1969). *Menschliche Kommunikation: Formen, Störungen, Paradoxien*. Bern, Stuttgart, Wien: Huber (Original: *Pragmatics of Human Communication. A Study of Interactional Patterns, Pathologies, and Paradoxes*, New York 1967: Norton & Co.)
- WEINGARTEN, R. (1989). *Die Verkabelung der Sprache: Grenzen der Technisierung von Kommunikation*. Frankfurt am Main: Fischer
- WEIZENBAUM, J. (1977). *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Original: *Computer Power and Human Reason. From Judgement to Calculation*, 1976, Freeman a. Co.)
- WHORF, B. L. (1963). *Sprache, Denken, Wirklichkeit: Beiträge zur Metalinguistik und Sprachphilosophie*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: *Language, Thought and Reality*, New York 1956)

- WIENER, N. (1968). *Kybernetik: Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original: *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, New York 1948: Wiley)
- WINOGRAD, T. (1984). Software für Sprachverarbeitung. *Spektrum der Wissenschaft* 11/1984, S. 88–102
- WINOGRAD, T. & F. FLORES (1989). *Erkenntnis Maschinen Verstehen: zur Neugestaltung von Computersystemen*. Berlin: Rotbuch (Original: *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, Norwood, NJ 1986: Ablex)
- WINSTON, P. H. (1987). *Künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley (Original: *Artificial Intelligence*, 1984)
- WOLF, U. (1993). *Eigennamen: Dokumentation einer Kontroverse*. Frankfurt am Main: Suhrkamp
- WUNDERLICH, D. (1974). *Grundlagen der Linguistik*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- WYGOTSKI, L. S. (1986). *Denken und Sprechen*. Frankfurt am Main: Fischer (Originalausgabe Moskau 1934)
- ZIMMER, D. E. (1988). *So kommt der Mensch zur Sprache: über Spracherwerb, Sprachentstehung, Sprache & Denken*. Zürich: Haffmans
- ZIMMER, D. E. (1991). *Die Elektrifizierung der Sprache: über Sprechen, Schreiben, Computer, Gehirne und Geist*. Zürich: Haffmans