

Die Bedeutung semantischer Theorien für die künstliche Intelligenz¹

Inhalt:

1. Überblick
2. Semantische Netze
3. Sprachwissenschaftliche Semantik und künstliche Intelligenz

1. Überblick

Die Simulation von Sprachverstehens- und Spracherzeugungsprozessen nimmt in der künstlichen Intelligenz eine hervorragende Stellung ein. Allerdings ist es nicht ganz einfach, etwas Genaueres und allgemein Gültiges über diese Stellung auszusagen. Die künstliche Intelligenz ist ein interdisziplinäres Arbeitsfeld, auf dem Informatiker, Psychologen, Sprachwissenschaftler und Mathematiker mit ihrem jeweils spezifischen wissenschaftlichen Hintergrund an sehr verschiedenen Problemen arbeiten. Die mehr oder weniger starke Bindung an traditionelle Einzelwissenschaften verschwindet in der Regel auch bei selbständig und ausschließlich an Problemen der künstlichen Intelligenz arbeitenden Gruppen nicht ganz. Sieht man die Berichte der seit 1969 alle zwei Jahre stattfindenden International Joint Conference on Artificial Intelligence als repräsentativ an, so wird innerhalb der Disziplin an so verschiedenen Problemen wie Spracherkennung (Erkennung akustischer Sprachsignale), automatische Fragebeantwortung, automatische Sprachübersetzung, maschinelle Texterschließung, Simulation von visuellen Wahrnehmungsprozessen, Simulation von gruppendynamischen und gesellschaftlichen Prozessen, spielende Automaten und einigen anderen gearbeitet². Dies im Verein mit der Unterschiedlichkeit einzelner Forschungsansätze selbst innerhalb eines einzigen Arbeitsgebietes bedeutet, daß es Spezialisten mit einem Überblick von einigem Tiefgang in der kleinen Disziplin künstliche Intelligenz kaum gibt, daß es kaum Möglichkeiten gibt, das Feld systematisch zu studieren und daß es kein Lehrbuch gibt, das mehr tut, als den Gegenstand im methodischen Rahmen einer Gruppe darzustellen oder dort, wo man sich nicht auf eine Schule beschränkt, nur einen kleinen Ausschnitt eines Gebietes zu behandeln³. Es ist auch fraglich, ob sich der Versuch eines Gesamtüberblicks im Augenblick überhaupt lohnen würde, weil niemand wirklich auf einen solchen Überblick angewiesen ist.

Die Heterogenität der Disziplin findet sich wieder in dem Teilbereich, der sich mit der Bearbeitung natürlicher Sprache befaßt. Auch hier ist die Verschiedenheit der Methoden und Zielsetzungen bei vielen der bisher entworfenen und implementierten – d.h. auf dem Computer realisierten – Systeme so groß, daß der gemeinsame Bezugspunkt natürliche Sprache kaum mehr als ein sehr äußerliches Etikett abgibt. Bei sehr grober Gliederung kann man die Systeme folgendermaßen in drei Gruppen zusammenfassen.

Die erste Gruppe orientiert sich allein an dem berühmten Intelligenzkriterium von A.M. Turing⁴. Turing hatte ziemlich zu Beginn der Phase, in der es zur ersten größeren Verbreitung elektronischer Rechenanlagen kam und in der man erstmals systematisch deren Möglichkeiten reflektierte und erprobte, vorgeschlagen, eine Maschine dann als intelligent anzusehen, wenn ein menschlicher Dialogpartner nicht entscheiden kann, ob

er mit einer Maschine spricht oder nicht. Die genauen Bedingungen des Turingtests sind im Augenblick nicht wichtig, denn schon die allgemeinste Formulierung läßt wesentliche Folgerungen für die Forschungspraxis zu.

- (a) Turings Kriterium setzt das Sprachverhalten als zentral an. Turing selbst war der Ansicht, daß alles übrige intelligente Verhalten einer Maschine im Prinzip beizubringen sei, wenn sie einmal sprechen könne (Turing 1950, 19ff.).
- (b) Wie die sprechende Maschine ‚innen‘ aussieht, ist gleichgültig. Wichtig ist allein das ‚natürliche‘ Verhältnis von Stimulus und Response.
- (c) Die künstliche Intelligenz begreift sich nach Turings Kriterium als zunächst nicht anwendungsbezogen. Man sucht eher nach ‚strukturellen‘ Lösungen als nach ‚substantiellen‘. Es ist beispielsweise wichtiger, daß eine Maschine auf jede Frage eine Antwort parat hat als daß diese Antwort viel Wesentliches über einen Gegenstand enthält.

Andere Ansätze gehen von der Hypothese aus, daß ein intelligentes System erst dann erreicht ist, wenn das System sich nicht nur intelligent *verhält*, sondern wenn es intelligent *ist*. Der Simulationsbegriff wird enger gefaßt. Gefordert wird nicht allein eine Simulation im (verbalen) Verhalten, sondern eine Simulation der Prozesse, die diesem Verhalten zugrunde liegen sowie eine möglichst getreue Abbildung der kognitiven und perzeptuellen Strukturen, auf denen die Verarbeitungsmechanismen operieren. Die künstliche Intelligenz stützt sich hier auf die Ergebnisse der kognitiven und der Wahrnehmungspsychologie und begreift sich manchmal sogar als Zweig dieser Psychologie (Norman/Rumelhart 1975).

Für die natürliche Sprache ergibt sich bei diesem Vorgehen, (a) daß die Regeln und Prozeduren zur Analyse und Produktion psychologisch abgesichert werden sollen; das bedeutet meist, daß Ergebnisse der Sprachwissenschaft nicht oder nur in Details herangezogen werden, (b) daß Universalität für die kognitiven Repräsentationen angestrebt wird; das bedeutet sprachunabhängige Speicherung und irgendeine Form lexikalischer Zerlegung und (c) daß das System mindestens tendentiell mehr als nur sprachlich vermittelte Information verarbeiten soll. Im Idealfall soll jede Art visueller, akustischer und taktiler Signale verarbeitet werden. Eine ganze Reihe von Vorschlägen für die Strukturierung des Speichers wird damit begründet, daß nicht allein über Sprache vermittelte Information gespeichert werden soll⁵. Solche Speicher sind noch sprachferner als die, die lediglich Unabhängigkeit von einem bestimmten Gegenstandsbereich oder einer Einzelsprache anstreben.

Drittens hat man den Weg zum sprechenden Computer von den Informationswissenschaften her beschritten⁶. Es geht dabei um die Aufgabe, ein Dokumentations- oder Datenbanksystem so zu erstellen, daß es im direkten Dialog mit dem Benutzer betrieben werden kann und die Benutzersprache so weit wie möglich an den intendierten Benutzerkreis anzupassen. Tatsächlich existierende und für eine absehbare Zukunft als sinnvoll und realistisch anzustrebende Systeme dieser Art sind in aller Regel auf eng umgrenzte Gegenstandsbereiche spezialisiert, etwa die Fachliteratur einer wissenschaftlichen Disziplin oder das Ersatzteillager für Autos eines bestimmten Herstellers. Soll als Benutzersprache eine Teilmenge einer natürlichen Sprache verwendet werden, so kann man sich i.allg. auf erhebliche syntaktische und semantische Restriktionen einlassen. Dazu kommt, daß die durch die Möglichkeit des Dialogs in natürlicher Sprache gewonnene Flexibilität nur eines der Gütekriterien ausmacht. Verarbeitungszeit, Speicherbedarf, Aufwand für das *updating* (das ist die Anpassung des Speicherinhalts an den jeweils aktuellen Stand der Daten) und vor allem Fehleranfälligkeit bei der semantischen Interpretation sind andere. Ob – wie man lange angenommen oder doch behauptet hat – bei

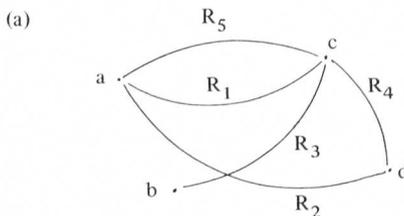
den Informationswissenschaften der wichtigste zukünftige Anwendungsbereich aller Grundlagenforschung der künstlichen Intelligenz liegt, ist zweifelhaft. Fraser (1976) hat wahrscheinlich recht mit seiner Vermutung, daß es einfacher ist, einem Personenkreis, der ein System ständig benutzt, eine stark restringierte natürliche oder eine nichtnatürliche Sprache beizubringen als einem Computer das Sprechen, und daß seltene Benutzer eher einen Service von Fachleuten in Anspruch nehmen sollten als zu versuchen, sich den vorgegebenen Sprachrestriktionen anzupassen. Sprachwissenschaftliche Ergebnisse haben beim Entwurf von Informationssystemen bisher nur eine marginale Rolle gespielt. Was man an natürlicher Sprache braucht, kann einfacher ohne Sprachwissenschaft implementiert werden⁷.

Die Frage nach der Rolle semantischer Theorien in der künstlichen Intelligenz geht man am besten über eine Diskussion der Wissenskomponente sprachverstehender Systeme an. Jedes System enthält eine solche Komponente, in der – wenn auch manchmal in sehr rudimentärer Form – semantisches Wissen und/oder Wissen über die Welt gespeichert ist. Von den verschiedenen Formen, in denen das Wissen repräsentiert wird (Minsky 1974; Winograd 1974, 49ff.; Bobrow 1975), führen wir im folgenden Abschnitt die vielleicht verbreitetste vor: an einem Beispiel wird die Speicherung von Wissen in einem semantischen Netz erläutert (Abschnitt 2). Abschnitt 3 diskutiert Aufgaben, zu denen das gespeicherte Wissen bei der Sprachanalyse herangezogen wird und fragt speziell nach dem Bezug auf semantische Theorien.

2. Semantische Netze

Die Grundstruktur semantischer Netze ergibt sich aus der Unterscheidung von Knoten und Kanten. Knoten repräsentieren Individueneinheiten irgendwelcher Art, Kanten repräsentieren zweistellige Relationen zwischen den Einheiten; alle drei- und mehrstelligen Relationen müssen also in zweistellige zerlegt werden. Wohlgeformtheitsbedingungen für Netzstrukturen erstrecken sich auf Zahl und Typ von Kanten, die von den Knoten ausgehen dürfen oder müssen. Netze werden grafisch (1a) oder als Listen repräsentiert (1b)⁸.

(1)



(b)

R_1 a, c
 R_4 c, d
 R_2 a, d
 R_5 c, a
 R_3 b, c

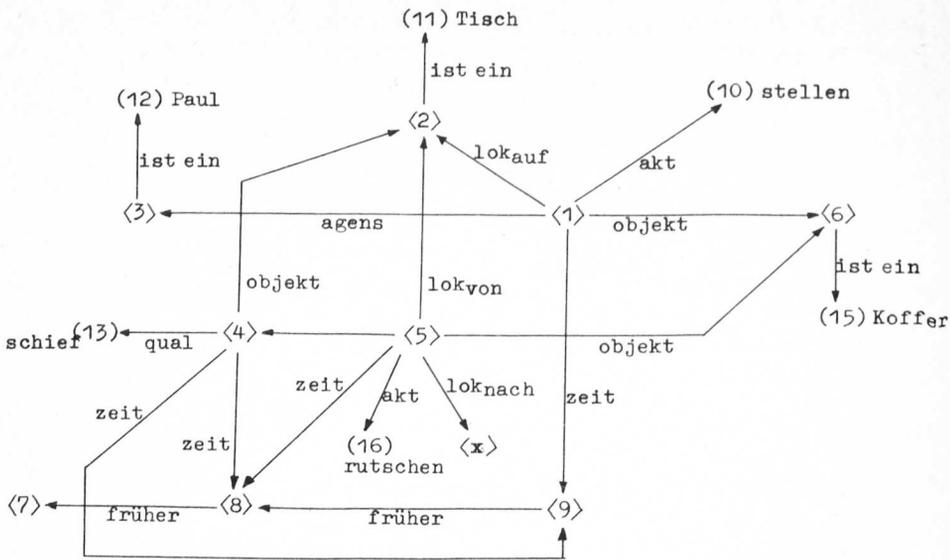
Netze, die für die Repräsentation von Wissen und von Bedeutungen verwendet werden, haben im allgemeinen eine Reihe spezieller Eigenschaften, deren wichtigste in Kürze dargestellt werden.

- (a) Die Kanten sind gerichtet: wenn R^{-1} die inverse Relation zu R ist, dann gilt im allgemeinen $R \neq R^{-1}$. Strukturen wie (1a) enthalten für unsere Zwecke zu wenig Information, weil sowohl die relationalen Ausdrücke der natürlichen Sprache bzw. der Korrelatsprache („Semantiksprache“) als auch die der Beschreibungssprache (z.B. Kasusrelationen) i. allg. gerichtet sind.
- (b) Es gibt Knoten im Netz, bei denen sowohl Kanten enden als auch beginnen. Damit entstehen längere Pfade im Netz.
- (c) Im allgemeinen sind geschlossene Pfade im Netz erlaubt. Sind z.B. die Knoten mit Wörtern besetzt und ist die Bedeutung eines Wortes gegeben als ein bestimmtes Teilnetz, so kann es in diesem Teilnetz Pfade geben, die zum Ausgangswort zurücklaufen (Quillian 1968).
- (d) In den Netzen wird zwischen zwei Arten von Knoten unterschieden, den *types* und den *tokens*. Ein *type*-Knoten ist in der Regel mit mehreren *tokens* verbunden und selbst an eine Struktur angebunden, die für alle seine *tokens* relevant ist. Beispielsweise wird ein bestimmter (einmaliger) Vorgang, auf den ein Verb in einer Äußerung referiert, als *token* dargestellt und über eine spezielle Kante an den *type* (das Verb mit seiner Bedeutung) gebunden.
- (e) Semantische Netze sind im allgemeinen hierarchisch strukturiert. Es gibt so etwas wie Zentralknoten für bestimmte Teilnetze, mit denen Zentralknoten anderer Teilnetze über Kanten verbunden sind, die sub- oder koordinierende Relationen bezeichnen. Auf diese Weise können etwa Satzbedeutungen aufeinanderbezogen werden.

Wir geben nun ein Beispiel für die Repräsentation der Bedeutung eines Textes, der aus den beiden Sätzen (2a) und (2b) besteht⁹

- (2) a. Paul stellte den Koffer auf den Tisch
- b. Weil er schief war, rutschte er herunter

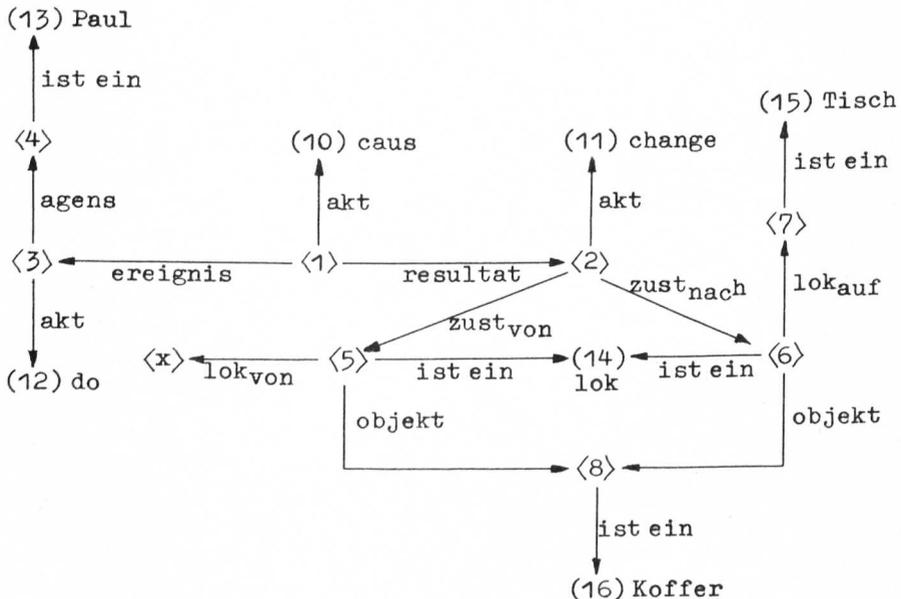
Unsere Darstellung lehnt sich eng an Norman/Rumelhart (1975) an, nimmt sich aber die Freiheiten, die man zur sinnvollen Wiedergabe eines isolierten Beispiels braucht.



Das Diagramm (3) repräsentiert im oberen Teil die Bedeutung von (2a), im unteren die von (2b). *type*-Knoten sind durch runde Klammern gekennzeichnet, *tokens* durch spitze Klammern. *Tokens* wie <1> und <5> sind durch die *type*-Relation *akt* mit ihren *types* verbunden (Verben), *tokens* wie <2> und <6> durch die *type*-Relation *ist ein* (Substantive). Die Differenzierung der *type*-Relationen kann man nach Bedarf weitertreiben. An die *type*-Knoten wie (10), (11) usw. kann die semantische Beschreibung der zugehörigen lexikalischen Einheiten ebenfalls in Form von Netzstrukturen angeschlossen werden, etwa mit Hilfe von semantischen Merkmalen. Das Netz kann also gleichzeitig allgemeine Information (semantisch und Wissen über die Welt) als auch Repräsentationen für bestimmte einzelne Tatbestände, Ereignisse usw. enthalten.

Zur Verdeutlichung paraphrasieren wir das Teilnetz, das sich unmittelbar um den Knoten <1> gruppiert: „Die Handlung <1> (d. i. stellen) wird vom agens <3> (d. i. Paul) bezüglich des Objekts <6> (d. i. ein Koffer) in Richtung auf <2> (d. i. ein Tisch) zum Zeitpunkt <9> ausgeführt.“ Die Knoten <1>, <4> und <5> sind so etwas wie Zentralknoten für kognitive Einheiten, die elementare Ereignisse, primitive Handlungen o.ä. genannt werden. Sie entsprechen im vorliegenden Fall direkt den Prädikatsausdrücken der Sätze, was aber nicht unbedingt der Fall zu sein braucht. Diese Knoten können über ihre ‚Valenzen‘ etwa in der Weise charakterisiert werden, daß sie mit bestimmten anderen *tokens* verbunden sein können oder müssen, die mit ihnen zusammen ein ‚kognitiv vollständiges‘ Teilnetz bilden. Wenn beispielsweise etwas von einem Tisch herunterrutscht, so

so wird angegeben, daß es an irgendeinem Ort landen wird. Da dieser Ort unbekannt ist, wird er durch $\langle x \rangle$ markiert, vgl. bei $\langle 5 \rangle$. Allgemein sind die Zentralknoten verbunden mit Knoten, die Mitspieler repräsentieren¹⁰, sowie mit solchen, die für Modalitätsangaben wie Zeit, Aspekt, Modus usw. stehen, von denen hier nur die Zeit wiedergegeben wurde. Dabei steht $\langle 9 \rangle$ für den Zeitpunkt des Stells, $\langle 8 \rangle$ für den Zeitpunkt des Rutschens und $\langle 7 \rangle$ für die Zeit nach dem Rutschen. Die Zentralknoten können außerdem untereinander mit Knoten für koordinierende oder subordinierende Relationen verbunden sein, wie die Relation *caus* zwischen $\langle 4 \rangle$ und $\langle 5 \rangle$. Im Beispiel wird damit ausgedrückt, daß der Koffer herunterrutscht, weil der Tisch schief ist. Netze wie das in (3), bei denen die Knoten Entitäten bezeichnen, die unmittelbar auf lexikalische Einheiten der natürlichen Sprache zu beziehen sind, werden z.B. von Quillian (1968) und Simmons (1973) verwendet. In anderen Systemen wie bei Schank (1975, 1976) und Norman/Rumelhart (1975) werden lexikalische Einheiten dagegen weiter zerlegt. In einem semantischen Netz, das nicht einen auf *stellen* bezogenen Knoten sondern stattdessen eine Reihe von semantischen Primitiven enthält, würde die Bedeutung von (1a), wiederum in Anlehnung an Norman/Rumelhart, etwa so repräsentiert:



Das Verb *stellen* ist aufgelöst in die ‚semantisch primitiven Verben‘ *do* (12), *caus* (10) und *change* (11) sowie den ‚Zustand des Lokalisiertseins‘ *lok* (14). Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit zur Einführung einer Reihe neuer Kanten. Nach außen hin hat sich jedoch nichts geändert: die *tokens* von *Paul* $\langle 4 \rangle$, *Koffer* $\langle 8 \rangle$ und *Tisch* $\langle 7 \rangle$ sind über die gleichen Kanten wie in (3) an das Netz angebunden. Eine grobe Paraphrasierung des Netzes würde etwa ergeben: „Das Ereignis, das in einer Handlung von Paul bestand, verursachte, daß der Ort des Koffers von x in einen Ort auf dem Tisch verändert wurde“.

Unsere Beispielrepräsentationen samt den sehr rudimentären Erläuterungen fordern sicher Widerspruch unterschiedlicher Art heraus. Sie können und sollen in der vorliegenden Form auch nicht verteidigt werden. Aber es kann versucht werden, bestimmte Motivationen für die illustrierte Art der Darstellung aus spezifischen Sichtweisen der künstlichen Intelligenz zu entwickeln und sie auf linguistische Denkweisen zu beziehen.

3. Sprachwissenschaftliche Semantik und künstliche Intelligenz

In den bisherigen Ausführungen sind mehr oder weniger implizit eine Reihe von Berührungspunkten zwischen sprachwissenschaftlicher Semantik und künstlicher Intelligenz aufgetaucht. Die wichtigsten dieser Berührungspunkte werden im folgenden etwas näher beleuchtet. Thematisiert werden die Kasusgrammatik, lexikalische Zerlegungen, das Polysemieproblem und gewisse Aspekte der formalen (*possible world*-) Semantik.

3.1 Darstellungsformen, die an Repräsentationen der Kasusgrammatik erinnern, begnen uns in der künstlichen Intelligenz auf Schritt und Tritt. Dies ist keineswegs als Zufall anzusehen, sondern man beruft sich häufig zur Rechtfertigung der eigenen Repräsentationen auf die Kasusgrammatik und sieht hier eines der Gebiete, auf denen eine gedeihliche Zusammenarbeit mit der Linguistik möglich ist¹¹. Trotzdem scheint mir nicht die Übernahme einer linguistischen Theorie oder auch nur ihre ernsthafte Diskussion in der künstlichen Intelligenz vorzuliegen.

Die ‚semantische Basis‘ von neueren sprachverstehenden Systemen enthält in erster Linie das, was ‚Wissen über die Welt‘ genannt und womit das *universe of discourse* für die Maschine festgelegt wird. Eine besondere Rolle spielt dabei das Wissen, das dem gerade geführten Dialog selbst entnommen werden kann. Frage-Antwort-Systeme sind lange nicht mehr darauf beschränkt, daß der Maschine bestimmte Fragen gestellt werden, die sie *unabhängig voneinander* beantwortet. Es geht vielmehr um echte Dialoge, in denen es notwendig ist, daß eine ganze Geschichte gespeichert wird; und zwar selbstverständlich nicht als eine Menge von Sätzen, sondern als ein strukturiertes Gebilde, wie es ansatzweise im Netz in (3) dargestellt wurde. Das bedeutet, daß sämtliche elementaren Sachverhalte zueinander zeitlich und räumlich sowie in Hinsicht auf andere ‚weltenbestimmende‘ Größen geordnet werden; daß klar wird, welche Sachverhalte kausal aufeinander bezogen sind und daß sämtliche referentiellen Bezüge im Text hergestellt werden. Mindestens diese Forderungen müssen erfüllt werden, wenn die Maschine im Zusammenhang des Dialoges Fragen stellen und beantworten soll, wenn sie Begründungen geben und fordern soll und wenn sie sich an der ‚richtigen‘ Stelle im Dialog an frühere Aussaen erinnern soll.

Von den Aufgaben, die zur Text- bzw. Dialoganalyse bewältigt werden müssen, greifen wir die Bestimmung von Referenzbezügen heraus, wie sie Pronomina herstellen.

Die Bestimmung pronominaler Bezüge wird häufig und fast schon als Standardargument dafür ins Feld geführt, daß Sprachverstehen ohne Rückgriff auf Faktenwissen nicht möglich ist. Am eingehendsten hat sich Charniak (1973, 1976) mit diesem Problem befaßt. Charniak (1976, 21) betrachtet Beispiele wie (5)

- (5) Gestern hatte Rolf Geburtstag. Elke und Barbara gingen ins Kaufhaus. Sie wollten Geschenke kaufen. Barbara entschloß sich, einen Kreisel zu kaufen. „Nein, lieber nicht“ sagte Elke, „Rolf hat einen Kreisel. Er wird dich bitten, ihn umzutauschen.“

und fragt, woher man weiß, daß *ihn* im letzten Satz sich auf das erste Vorkommen von *einen Kreisel* bezieht und nicht auf das zweite. Man kommt, wie Charniak im einzelnen zeigt, im vorliegenden Fall nicht zum Ziel, wenn man sich auf deskriptive Information (gegeben mit den Bedeutungen der in der Nominalphrase vorkommenden Einheiten), auf das Vorkommen (welche der infrage kommenden Nominalphrasen steht am nächsten beim Pronomen?), auf Regeln der Syntax (einschl. Textsyntax), auf Selektionsbeschränkungen und auf Thema-Rhema-Strukturen beschränkt. Zusätzlich benötigt man Information, die ‚komplexe Folgerungen‘ erlaubt. In unserem Beispiel könnte eine geeignete Regel etwa lauten:

- (6) Man wird oft den Umtausch eines neu gekauften Gegenstandes veranlassen, wenn man ihn nicht haben will. (Charniak 1976)

Aber diese Regel reicht bei weitem noch nicht aus. Um sie auf die Geschichte richtig anzuwenden, muß bekannt sein, daß Rolf den Kreisel nicht haben will, daß Barbara den Kreisel für Rolf kaufen will usw. All diese Information wird nicht explizit in der Geschichte gegeben, wird aber zum ‚Verstehen‘ benötigt. Sie wird in dem von Charniak vorgeschlagenen System von sog. *demons* bereitgestellt. Diese Regeln bzw. Programme stellen Zusammenhänge zwischen Sachverhalten her, die ‚erfahrungsgemäß‘ bestehen, wie etwa im Beispiel zwischen dem Kauf eines Gegenstandes, dem Nicht-haben-wollen eines Gegenstandes und dem Umtausch eines Gegenstandes. Solche Regeln werden aktiviert durch das Vorkommen bestimmter Wörter im Text sowie durch Ergebnisse der sonstigen Analyse. Entscheidend ist, daß Begriffe nicht etwa wie in Bedeutungspostulaten¹² durch universelle Regeln fest miteinander gekoppelt sondern locker miteinander assoziiert werden, wobei die Tatsache, ob Begriffe überhaupt miteinander assoziiert werden, vom Kontext abhängen kann.

Was Charniak *demon* nennt, wird neuerdings in der künstlichen Intelligenz *frame* genannt (Winograd 1974, 64ff.; Wilks 1976, 193). In einer größeren Arbeit hat Minsky versucht, eine ganze Reihe von Ansätzen der letzten Jahre als Varianten der *frame*-Lösung zu deuten (Minsky 1974). Wilks (1976) sieht in der Verwendung von *frames* den eigentlichen Unterschied zwischen zwei Generationen von Frage-Antwort-Systemen.

Minsky beschreibt einen *frame* als eine Datenstruktur, genauer eine Netzstruktur, die Wissen verschiedener Art enthält. Auf der allgemeinsten Ebene repräsentiert ein *frame* eine typisierte Situation. *Frames* werden nicht generiert sondern sind fest gespeichert. Sie enthalten terminale Knoten als ‚offene Stellen‘, die entsprechend einer konkreten Situation gefüllt und vor allem verändert werden können. Dadurch entstehen Systeme von einander ähnlichen *frames*, die durch Transformationen aufeinander bezogen sind. Transformationen beschreiben, wie ein *frame* in einen anderen (ähnlichen) umgeformt wird, sie beschreiben also, wie sich eine Situation verändert. Bestimmte terminale Knoten können wiederum mit *frames* besetzt werden, die speziellere Informationen über eine Situation enthalten. Auf diese Weise erhält man komplexe hierarchische Strukturen, die eine Situation mit der jeweils möglichen oder erforderlichen Genauigkeit beschreiben. Aber nicht nur Wissen über die Welt soll auf diese Weise repräsentiert werden. Winograd schlägt ausdrücklich vor, Repräsentationen von Sprechakten sowie lexikalische Strukturen ebenfalls als *frames* anzusehen¹³.

Die Arbeiten in der künstlichen Intelligenz, die den bisher noch sehr vagen Begriff des *frame* oder verwandte Begriffe verwenden, gehen davon aus, daß ohne eine Situationsanalyse, d.h. ohne die Spezifizierung eines außersprachlichen Kontextes, ein intelligentes Dialogsystem nicht zu realisieren ist. Die Maschine muß sich nach dieser Auffassung am Beginn des Dialogs mit allgemeinen Fragen wie ‚Worüber sprechen wir eigentlich?‘ ‚Mit wem spreche ich?‘ ‚Was soll mit dem Gespräch erreicht werden?‘ usw. auf die Situation einstellen, d.h. die richtigen allgemeinsten *frames* aktivieren. Relativ zu diesen werden dann sprachliche Ausdrücke interpretiert. Ein Blick auf das Vorgehen im Rahmen der klassischen syntaktischen Computeranalyse kann das Gesagte verdeutlichen. Kuno (1967, 173) schreibt, man müsse bei der syntaktischen Analyse des Satzes *Time flies like an arrow* alle Analysen wie die, in denen *like* oder *time* (Imperativ) als Verben des Satzes aufgefaßt werden, verbieten und dürfe nur die mit der Bedeutung ‚Die Zeit fliegt wie ein Pfeil‘ zulassen, weil nur diese mit dem übereinstimmen, ‚was wir über das Englische wissen‘. Dagegen würde man in der gegenwärtigen künstlichen Intelligenz keine Analyse von vornherein ausschließen, sondern versuchen, die dem jeweiligen Kontext

angemessene zu finden¹⁴. Danach fordert Kuno nicht eine korrekte syntaktische Analyse, sondern einen spezifischen Kontext.

Die Linguistik will mit ihren Repräsentationen Bedeutungen natursprachlicher Ausdrücke beschreiben. Dazu ist es nach ihrer Auffassung notwendig, daß mit den Repräsentationen bestimmte Eigenschaften natursprachlicher Ausdrücke und damit ‚von Sprachen‘ erfaßt werden. Diese Eigenschaften beziehen sich sowohl auf Formales als auch auf Substantielles der Repräsentationen. Letzteres bedeutet für die Kasusgrammatik vor allem, daß nach einer endlichen Menge von Tiefenkasus gesucht wird, mit denen die Bedeutungen sämtlicher Sätze einer oder der Sprache erfaßt werden können.

Der künstlichen Intelligenz geht es dagegen in ihrer gegenwärtigen Entwicklungsphase letztlich nicht um die Erfassung der Eigenschaften von Sprache sondern darum, bestimmte Tatbestände oder Fakten so darzustellen, daß *über sie* mit einer Maschine sprachlich kommuniziert werden kann. Die Überführung eines Satzes in eine ‚semantische‘ Repräsentation dient allein dem Zweck, diesen Satz in das gespeicherte Wissen zu integrieren. Minskys *frames* etwa dienen der möglichst effektiven Darstellung bestimmter Situationen, wobei der Zugang zu diesen Situationen sowohl sprachlich als auch visuell erfolgen soll. Die Analyse sprachlichen Materials wird so vorgenommen, daß sich die Maschine angemessen, vernünftig, natürlich usw. in diesen Situationen verhalten kann. Daß dabei nicht von sämtlichen Eigenschaften der Sprache abgesehen werden kann, wird zugestanden. Klar ist aber auch, daß auf diese Eigenschaften nicht mehr Rücksicht genommen wird, als unbedingt erforderlich.

Besonders gut läßt sich das angesprochene Problem am System CHRONOS demonstrieren, daß Kasusstrukturen als semantische Repräsentationen verwendet¹⁵. Ein Kasusrahmen für ein Verb spezifiziert hier nicht einfach eine Menge von obligatorischen oder möglichen Mitspielern, sondern zwischen den Mitspielern besteht eine variable Ordnung, die nach der Wahrscheinlichkeit festgelegt wird, mit der ein Kasus bei dem Verb auftritt. Semantische Merkmale der Mitspieler werden ebenfalls geordnet. Bei der Analyse werden sämtliche infrage kommenden syntaktischen Einheiten (wozu in CHRONOS neben Nominalphrasen und Präpositionalphrasen auch Adverbien gehören) von sog. Kasusfunktionen verarbeitet. Eine solche Funktion liefert einen Wahrscheinlichkeitswert dafür, ob oder daß eine Einheit in einer bestimmten Kasusrelation zum Verb steht und es heißt dann „... deep cases become relative . . . in the sense that the deep-case-likeness of a relation is dependent upon its importance, and therefore upon the current context.“ (Bruce 1975, 336f.) Mit *context* ist der Gegenstand gemeint, über den geredet wird. Der zweite Punkt, in dem die künstliche Intelligenz das linguistische Anliegen der Kasusgrammatik außeracht läßt, betrifft die Ableitung der Kasusstrukturen. Die Kasusgrammatik ist eine Variante der transformationellen Grammatik. Solche Grammatiken wollen Eigenschaften von Sprachen durch grammatische Regeln erfassen. Da es wesentlich auf die Regelformulierung selbst ankommt, sind Basis- und Transformationsregeln grundsätzlich nicht voneinander zu trennen: die Basisregeln bestimmen teilweise, wie die Transformationsregeln aussehen und umgekehrt. Bisher war stets nur von Basisregeln bzw. von Basisstrukturen die Rede. Die künstliche Intelligenz beruft sich, wenn sie von der Kasusgrammatik spricht, ausschließlich auf die Basis der Grammatik. Der Transformationsteil wird – und zwar nicht nur im Falle der Kasusgrammatik sondern grundsätzlich – abgelehnt¹⁶. Die Verwendung ähnlicher Strukturen sagt im Falle der Kasusstrukturen sehr wenig über die Gemeinsamkeiten von Linguistik und künstlicher Intelligenz aus, und diese Scheinähnlichkeit ist nicht auf die Kasusstrukturen beschränkt. Auch die anderen Teilgebiete der sprachwissenschaftlichen Semantik unterscheiden sich auf vergleichbare Weise von den analogen Teilgebieten der künstlichen Intelligenz.

Betrachten wir als weiteres Beispiel für diesen Tatbestand die lexikalischen Zerlegungen und vor allem die Begründungen, die für die Einführung von lexikalischen Zerlegungen angeführt werden. Für Lakoff geht es dabei um die Fragen, ob „... solche Primitivprädikate in den logischen Formen von Sätzen tatsächlich existieren ...“ (Lakoff 1971, 104). Diese Frage muß für jedes Primitivprädikat und jede Einheit, für die es gefordert wird, einzeln mit *linguistischen Methoden* beantwortet werden. Zur Beantwortung dieser Frage werden Ausdrücke der untersuchten Sprache hinsichtlich verschiedener Eigenschaften, die ihre Form und ihre Bedeutung betreffen, miteinander verglichen. Daß diese Methoden nicht immer besonders durchsichtig und begründet sind, steht außer Zweifel. Sie richten sich aber stets auf Ausdrücke der untersuchten Sprache als ihren Gegenstand. Das Ergebnis sind wiederum die *beiden* Klassen von grammatischen Regeln, die gemeinsam eingeführt und diskutiert werden. Die generativen Semantiker haben nicht nur für bestimmte Arten von Tiefenstrukturen argumentiert, sondern immer auch zu zeigen versucht, daß man die zugehörigen prälexikalischen Transformationen aus linguistischen Gründen annehmen müsse.

Die Ableitungen der generativen Semantik finden sich, wie erwähnt, in der künstlichen Intelligenz überhaupt nicht, lexikalische Zerlegungen finden sich dagegen häufig und werden auch ausdrücklich zur ‚Repräsentation von Bedeutungen‘ verwendet. Schank z.B. stellt Bedeutungen dar mithilfe einer Menge von sprachunabhängigen Ausdrücken für Handlungen, die als semantisch primitiv angesehen werden. Die Valenz dieser Ausdrücke wird über sog. konzeptuelle Kasus beschrieben, für die ebenfalls Sprachunabhängigkeit gefordert wird. Sprachunabhängigkeit heißt dabei, „... daß es für zwei beliebige Sätze mit der gleichen Bedeutung nur eine konzeptuelle Repräsentation geben kann, unabhängig davon, ob es sich um Sätze der gleichen Sprache handelt oder nicht“ (Schank 1976, 113). Das ist etwas anderes, als wenn für das Vokabular der Semantiksprache oder für Teile davon Universalität gefordert wird, wie die generative Semantik das tut. Es bedeutet z.B., daß es auf der konzeptuellen Ebene keine alternativen Formulierungen für einen Sachverhalt, also keine Synonymie gibt. Damit *kann* grundsätzlich kein formaler Zusammenhang zwischen Ausdrücken der natürlichen und Ausdrücken der Semantiksprache angenommen werden, wie er in jeder generativen Grammatik über die Transformationskomponente hergestellt wird. Das Ausschließen alternativer Formulierungen für einen Sachverhalt zeigt, daß in der konzeptuellen Repräsentation letztlich nicht die Bedeutung eines Ausdrucks sondern Teil eines Weltmodells gegeben wird: von einem Tatbestand gibt es nur eine ‚richtige‘ Abbildung. Die Suche nach einer universellen Basis läuft für die Linguistik auf den Entwurf einer Korrelatsprache hinaus, in der alle in der untersuchten Sprache formulierbaren Tatbestände ebenfalls formulierbar sind, wobei sich gewisse Restriktionen für die Korrelatsprache daraus ergeben, daß die Beschreibungsebene die semantische Ebene ist. Die Forderung, daß jeder Tatbestand auf genau eine Weise ausgedrückt werden kann, wird dabei nicht erhoben¹⁷.

Die Frage nach einer Trennung von Wissen über die Sprache und Wissen über die Welt ist in der Linguistik besonders intensiv am Polysemieproblem diskutiert worden. So hält Weinreich in der berühmt gewordenen Auseinandersetzung mit Katz diesem vor, man könne Wortbedeutungen nicht mit endlichen Mitteln von der Art, die Katz vorsieht, repräsentieren, weil Wortbedeutungen kontextabhängig seien. *eat* bedeute in *eat bread* etwas anderes als in *eat soup*, weil die jeweils gemeinten Tätigkeiten verschieden seien. Katz bemerkt dazu, daß „Weinreich here fails to make the important distinction between the meaning of words and a fully detailed description of the actual things, situations, activities, events, and such to which words refer. Various activities that can correctly be called *eating* may differ in the way they are carried out, as Weinreich suggests.“ (Katz 1972, 60). Infinite Polysemie kommt nach dieser Auffassung deshalb

nicht vor, weil zur Wortbedeutung nur bestimmte invariante Merkmale gehören, die Klassen von Objekten, Vorgängen usw. zukommen.

Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß die meisten der augenblicklich in der Entwicklung befindlichen sprachverstehenden Systeme hinsichtlich ihres gespeicherten Wissens auf vergleichsweise enge Gegenstandsbereiche eingeschränkt sind. Winograds System beispielsweise spricht lediglich über eine Klotzwelt, in der es wenige bauklotzartige Objekte mit wenigen Eigenschaften gibt (Winograd 1972). Bedeutungen von Verben werden bei Winograd als PLANNER-Programme formuliert, wobei ein solches Programm genau die Operationen festlegt, die in der gegebenen Klotzwelt mit den vorhandenen Objekten durchgeführt werden können. Wilks schreibt dazu: „Wenn wir uns die . . . Definition für *pick up* ansehen, so stellen wir fest, daß es sich tatsächlich um die Formulierung einer Prozedur für das Hochheben eines Objektes im System SHRDLU handelt. Nichts an dieser Bedeutung würde einem etwa dazu verhelfen, den vollkommen normalen Satz *I picked up the bags from the platform and ran for the train* zu verstehen. . . . mit der Formulierung in PLANNER ist uns nicht eine *Bedeutung* von *pick up*, sondern ein spezieller Fall seines Gebrauchs gegeben.“¹⁸ Es geht hier noch nicht einmal um die Frage, ob mit den von Winograd verwendeten Mitteln abgeleitete Bedeutungen, metaphorische Bedeutungen oder die Bedeutungen von Abstrakta erfaßt werden können, sondern um die viel bescheidenere, ob und wie man das System so erweitern kann, daß es sich in einer ‚rein physikalischen‘ Welt von einiger Komplexität noch ähnlich flexibel verhält wie in der Blockwelt. Es hat den Anschein, daß die bisher vorgeschlagenen Roboter nur entweder mit dem Löffel oder mit den Fingern essen können.

Man könnte weitere Teilbereiche der sprachwissenschaftlichen Semantik nennen, die aus ähnlichen wie den genannten Gründen nicht oder nur gebrochen in die künstliche Intelligenz eingegangen sind¹⁹. Da der grundlegende Punkt aber hinreichend illustriert sein dürfte, wenden wir uns der Frage zu, warum die sog. formale Semantik für die künstliche Intelligenz so gut wie bedeutungslos geblieben ist.

3.2 Ein größeres Dialogsystem kann nicht sämtliches Wissen, das zur Textinterpretation benötigt wird, direkt speichern, sondern bedient sich einer deduktiven Komponente. Die Entwicklung leistungsfähiger Ableitungsmechanismen gehörte von Anfang an zu den Aufgaben, an denen in der künstlichen Intelligenz am intensivsten gearbeitet wurde. Bei neueren Systemen sind grundsätzlich zwei Herangehensweisen zu unterscheiden. Die erste realisiert ein echtes logisches Schließen. Aus dem Speicher wird dazu die Information ausgewählt, die für das zu lösende Problem relevant erscheint. Es ist klar, daß im allgemeinen Fall schon die Festlegung der Kriterien dafür, welche Information für einen Ableitungsprozeß von Bedeutung sein könnte, schwierig ist. Ist man sich über die Kriterien klar, muß der Speicher abgesucht werden. Ist die Speichersprache nicht identisch mit der zur Deduktion verwendeten Logiksprache, wie das bei Verwendung semantischer Netze der Fall ist, muß die Speicherinformation übersetzt werden. Erst dann kann der eigentliche Deduktionsprozeß beginnen.

Der entscheidende Durchbruch zum maschinellen logischen Schließen wurde 1965 mit Robinsons *resolution principle* für den Prädikatenkalkül erster Ordnung erzielt (Robinson 1965). Damit wurde es möglich, mechanische Beweisverfahren anzugeben, die vollständig sind. Seither sind Erweiterungen auf Kalküle höherer Ordnung, vor allem aber zahlreiche Verbesserungen der Effektivität solcher Verfahren, vorgeschlagen worden²⁰. Wird die Wahrheit oder Falschheit eines Satzes aus einer vorgegebenen Menge von Sätzen mechanisch bewiesen, so werden im Verlauf der Prozedur neue Sätze in exponentiell anwachsender Zahl erzeugt, die alle berücksichtigt werden müssen. Effektivierungen des Verfahrens bestehen deshalb in der Regel darin, möglichst nur die Sätze weiterzuver-

wenden, die zum Beweis tatsächlich gebraucht werden.

Die Möglichkeiten, die zur Effektivierung mechanischer Beweisverfahren des genannten Typs bestehen, werden in der künstlichen Intelligenz immer häufiger skeptisch beurteilt. Verbunden wird das Effektivitätsargument neuerdings noch mit dem Argument, die auf das Resolutionsprinzip gegründeten Beweisprozeduren seien in sich zu unstrukturiert. Damit ist gemeint, daß bei der Ableitung eines Satzes aus einer Menge von Sätzen nichts darüber festgelegt wird, in welcher Reihenfolge die Sätze in die Prozedur einbezogen werden. Es gibt nur eine Globalsteuerung, die dafür sorgt, daß nichts ausgelassen wird. „A uniform proof procedure gropes its way through the collection of theorems and assertions, according to some general procedure which does not depend on the subject matter.“²¹

Die Gegenposition will also wiederum das Wissen über die Welt stärker berücksichtigt haben. Nehmen wir z.B. an, ein System soll feststellen, an welchem Ort sich eine bestimmte Person morgens um 10 Uhr befindet. Dann würde ein heuristisches Beweisverfahren vielleicht zunächst fragen, welcher Tätigkeit die Person nachgeht und bei einem Studenten *als erstes* alle Hörsäle absuchen. Ein Ziel wird hier in geordnete Teilziele zerlegt, die nacheinander bearbeitet werden. Zur Formulierung solcher in sich stark strukturierter Prozeduren sind spezielle Programmiersprachen entwickelt worden, deren bekannteste das schon erwähnte PLANNER ist (Hewitt 1969, Winograd 1972, 108ff.). Ableitungsprozeduren dieser Art verwenden immer nur sehr wenig Faktenwissen aus dem Speicher, benötigen dafür aber viele verschiedene Lösungsprozeduren, die an die zu lösenden Probleme angepaßt sind. Sie sind in der Regel nicht vollständig.

Eine Semantik mit einer Logiksprache als Korrelatsprache ist für die künstliche Intelligenz also nicht von großem Interesse, weil Deduktionen zu aufwendig sind, weil Vollständigkeit nicht verlangt wird und schließlich weil sich mehr und mehr die Auffassung durchsetzt, daß Widerspruchsfreiheit für einen Speicher, der das *belief system* eines Menschen abbilden soll, nicht nur unnötig sondern sogar unerwünscht ist.

Ein weiterer Grund ergibt sich aus dem Zeichenbegriff, der der formalen Semantik zugrundeliegt. Der allein zugelassene strenge Begriff von Interpretation führt auf das klassische duale Zeichen mit Zeichenträger und Referent. Wenn Ausdrücke der zu interpretierenden Sprache etwas in möglichen Welten zu bezeichnen haben, ergeben sich Modelle von phantastischem Ausmaß, denn jedes Individuenkonzept und jede Eigenschaft verlangt Festlegungen in den möglichen Welten.

In der künstlichen Intelligenz redet man nicht wie in der formalen Semantik über die Welt oder über Welten, sondern von *Wissen über die Welt*. Schank stellt ausdrücklich fest, er wolle ein Modell von dem erstellen, was ein Sprecher über seine Handlungen sagt oder denkt und nicht versuchen, seinem System ein absolutes Modell von der Welt einzuverleiben (1976, 117). Die Absicht zur Nachbildung eines psychischen Abbildes der Welt ist hier wiederum ganz deutlich. Ich kann nicht beurteilen, ob eine solche Nachbildung mit dem Modellbegriff der formalen Semantik möglich ist; beabsichtigt ist sie jedenfalls nicht.

Das Attribut ‚Semantik‘ wird der Katzschen Merkmalssemantik und damit allen anderen Semantiken, die ihre Ausdrücke nicht im Sinne der Logik interpretieren, von der formalen Semantik abgesprochen: „The Markerese method is attractive in part just because it deals with nothing but symbols: finite combinations of entities of a familiar sort out of a finite set of elements by finitely many applications of finitely many rules . . . But it is just this pleasing finitude that prevents Markerese semantics from dealing with the relations between symbols and the world of non-symbols – that is, with genuinely semantic relations.“ (Lewis 1972, 170). Es ist klar, daß es eine semantische Informationsverarbeitung in diesem Sinne nicht geben kann. Eine Rechenmaschine manipuliert

Symbole und bleibt insofern immer syntaktisch.

Gibt es also keinen prinzipiellen Unterschied zwischen einem ‚intelligenten‘ Computer und einem – vielleicht elektronisch gesteuerten – Zigarettenautomaten? Angesichts der Tatsache, daß ein Computer nur syntaktische Operationen durchführen kann, ist es scheinbar verwunderlich, wenn Wilks ebenso wie Lewis eine Merkmalsemantik ablehnt und dafür noch die Begründung gibt, es könne so etwas wie die ‚richtige‘ Menge von semantischen Primitiven nicht geben, denn: „Unter dieser Voraussetzung geht der eigentlich linguistische Charakter der aus Primitiven aufgebauten Strukturen verloren, weil diese dann ebenso gut Verkettungen von Binärzahlen oder anderen undurchsichtigen und nichtlinguistischen Entitäten sein könnten.“ (1976, 217). Ein Computer tut aber genau das, was Wilks nicht möchte. Auf der Maschinenebene manipuliert er Verkettungen von Binärzahlen, sei die Analyseebene nun die syntaktische, die semantische oder die kognitive. Wilks richtet sich in Wirklichkeit nicht gegen die Kodierung in Binärzahlen sondern gegen die semantische Analyseebene.

Die künstliche Intelligenz glaubt trotz der ‚Syntaktizität‘ des Computers an ihre Chance zum Bau einer intelligenten Maschine. Sie stützt sich dabei mehr und mehr auf Ergebnisse der kognitiven Psychologie sowie der Wahrnehmungspsychologie und beruft sich vor allem auf deren Feststellung, daß der permanente Speicher des Menschen mit dem Wissen über die Welt nicht Vorstellungsbilder oder andere Formen ‚ganzheitlicher‘ Information enthält, sondern Symbole, deren wichtigste Eigenschaft darin besteht, daß sie untereinander gleich oder verschieden sein können. Es spricht dann prinzipiell nichts dagegen, die Speicherung von Wissen propositional vorzunehmen, wobei der Sinn von ‚proposition‘ allerdings noch nicht voll geklärt ist (vgl. dazu Minsky 1974, 10ff.; Bobrow 1975; Norman/Rumelhart 1975, 16ff.). Freilich ist das Problem der Interpretation damit nicht vom Tisch, auch kognitive Strukturen müssen interpretiert werden. Diese Interpretation besteht aber keinesfalls in einer Zuweisung von Denotaten in möglichen Welten zu Ausdrücken, sondern kann nur mithilfe einer Theorie darüber vorgenommen werden, wie der Mensch die Welt versteht; damit ist im Rahmen der hier diskutierten Positionen eine psychologische Theorie gemeint. Semantische Strukturen ihrerseits wären nicht in Hinsicht auf ‚die Welt‘ sondern in Hinsicht auf kognitive Strukturen zu interpretieren. Eine solche psychologische Semantik nimmt für sich lediglich eine Version der alten Weisheit in Anspruch, daß die Beziehung zwischen Zeichen und Ding, also die „genuin semantische Beziehung“, so lange leer bleibt, wie man den Zeichenbenutzer außer Betracht läßt.

Was kann ein Linguist von der künstlichen Intelligenz lernen? Der Trend in der künstlichen Intelligenz scheint immer mehr von dem, was man Verhaltenssimulation nennen könnte, wegzuführen und die Frage in den Mittelpunkt zu stellen, welches die Prozesse sind, die dem intelligenten Verhalten des Menschen zugrunde liegen und wie man sie nachbilden kann. Sprachliches Handeln wird dabei notwendig nur als *eine* Form intelligenten Verhaltens angesehen, und Sprechen bzw. Verstehen nur als einer von mehreren ‚Austauschkanälen‘ mit der Umwelt, der in Isolierung von den anderen Kanälen niemals voll erfaßt werden kann. Was das Sprechen selbst betrifft, so zeigen die bisherigen Erfahrungen m.E., daß es einer Maschine um so eher beizubringen ist, je mehr man ihr über den Gegenstand beibringt, von dem geredet werden soll. Es ist ein Irrtum zu meinen, jemand könne sprechen, wenn er über das gesamte ‚Wissen über die Sprache‘ verfügt, und ebenso falsch ist es, wenn man glaubt, von der Erforschung der Sprache zur Erforschung des Sprechens voranschreiten zu können.

Ein weiterer Punkt von höchster Wichtigkeit ist, daß jede Sprachanalyse der künstlichen Intelligenz streng funktional ist. Man weiß also immer, wozu ein bestimmtes Analyseergebnis im Gesamtzusammenhang der Kommunikation dient oder mindestens

dienen kann. In der Linguistik wird dagegen häufig immer noch von autonomer Syntax, einer semantischen, phonologischen oder pragmatischen Analyseebene geredet, ohne daß man sich darüber klar ist, *warum* eine Sprache die von der Sprachwissenschaft ermittelten Eigenschaften haben sollte.

Anmerkungen

- 1 Für Bearbeitungshinweise danke ich Hartmut Haberland und Dieter Wunderlich.
- 2 Vgl. z.B.: *Advance Papers of the Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Tiblissi 1975. 2 Bde. Vertrieb durch: The Artificial Intelligence Laboratory. 545 Technology Square, Cambridge (Mass.).
- 3 Ein Beispiel für das erste ist Slagle 1971, eins für das zweite Uhr 1973. Die wohl umfassendste Einführung gibt Jackson 1974. Einen Überblick verschafft man sich am besten über Sammelbände. Mehrere klassisch gewordene Arbeiten finden sich in Feigenbaum/Feldman 1963, neuere in Schank/Colby 1973 oder, auf deutsch, in Eisenberg 1976b. Ältere sprachverarbeitende Systeme sind in Simmons 1965 beschrieben, neuere in Simmons 1970 und neueste in Wilks 1976.
- 4 Turing 1950. Das bekannteste und vielleicht extremste System dieser Art ist ELIZA (Weizenbaum 1966).
- 5 Vgl. dazu auch Abschnitt 3.1.
- 6 Haberland 1973, Sparck-Jones/Kay 1973. Neben einer Darstellung des Standes der Informationswissenschaften findet sich hier eine Erörterung möglicher Beiträge der Linguistik (auf dem Stand der *Aspects*).
- 7 Das Gesagte bezieht sich ausdrücklich auf den Dialogbetrieb selbst. Es gibt viele Aufgaben in den Informationswissenschaften, die ohne genaue linguistische Analyse nicht zu bewältigen sind, etwa die automatische Erstellung von Abstracts wissenschaftlicher Arbeiten. Zum Problem der Restriktion natürlicher Sprache für die Mensch-Maschine-Kommunikation vgl. auch Schnelle 1971.
- 8 Grundsätzliches zum Aufbau und Gebrauch semantischer Netze findet sich in Simmons 1973 und Hays 1976.
- 9 Das englische Äquivalent dieses Textes hat eine gewisse Berühmtheit erlangt. Minsky (1968, 22f.) will an diesem Beispiel zeigen, daß eine syntaktische Analyse pronominale Bezüge nicht ermitteln kann. Das Beispiel dürfte der Ausgangspunkt für die Arbeiten von Charniak gewesen sein, vgl. den folgenden Abschnitt.
- 10 Solche Knoten entsprechen etwa dem, was Minsky terminale Knoten eines *frame* nennt, vgl. Abschnitt 3.1.
- 11 Einen Überblick über die Verwendung von Kasusgrammatiken in der künstlichen Intelligenz geben Bruce 1975 und Samlowski 1976.
- 12 Bedeutungspostulate sind universelle Implikationen, mit deren Hilfe Bedeutungsbeziehungen zwischen lexikalischen Einheiten beschrieben werden, z.B. „Jedes x, das männlich ist, ist auch belebt“ (vgl. etwa Lakoff 1971, 83).
- 13 Winograd (1974, 81) gibt als Beispiel den ‚Sprechakt des Referierens‘, der gekennzeichnet wird durch Referent, referierenden Ausdruck und Einzigkeitsbedingungen (welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit der Ausdruck für den Hörer etwas bestimmtes meint?). Was Winograd über lexikalische Strukturen (*syntactic frames*) sagt, erinnert stark an die Kasusrahmen aus Fillmore 1968.
- 14 Mit zu dieser Tendenz gehört die Forderung, *jede* Äußerung (in einer Situation) zu interpretieren, und zwar nicht nur, wenn sie in Isolation semantisch nicht wohlgeformt erscheint, sondern sogar dann, wenn sie ungrammatisch ist (vgl. Winograd 1974, 13 und Schank 1976, 137f.). Zu einigen Konsequenzen für die praktische Verwendbarkeit von Dialogsystemen, die auf ihre bisher fehlende Flexibilität zurückzuführen sind, vgl. Lau 1976.
- 15 Brown/Bruce/Trigoboff 1974, vgl. auch die zusammenfassende Darstellung in Bruce 1975, 350ff.
- 16 Auf die Gründe für diese Ablehnung kann hier nicht eingegangen werden; vgl. dazu z.B. Wilks 1972, Kaplan 1975.
- 17 Dieser Unterschied schlägt sich praktisch in Zahl und Art der konzeptuellen Kasus nieder, die Schank ansetzt und die größer bzw. differenzierter ist als in der Linguistik üblich. Mit diesen Kasus wird der Satz in seiner konzeptuellen Repräsentation ‚kognitiv vervollständigt‘, d.h. in gewisse Kontextbezüge eingebettet, ganz so, wie es bei Minskys *frames* geschildert wurde.

- 18 Wilks 1976. Vgl. dazu weiter Wilks 1976, 218f., wo er der Frage nachgeht, ob die künstliche Intelligenz überhaupt eine ‚Theorie über die natürliche Sprache‘ sein könne oder stets eine über Gegenstände oder Gegenstandsbereiche sein müsse. SHRDLU ist das in Winograd 1972 beschriebene System. Es ist teilweise in PLANNER programmiert.
- 19 Wenigstens noch erwähnt werden sollte die Theorie der Präsuppositionen. Trotz ihrer Wichtigkeit für die Semantik spielt sie in der künstlichen Intelligenz praktisch keine Rolle. Zentrale Fragestellungen wie die Unterscheidung von Präsuppositionen und Folgerungen oder die Klassifizierung der Präsuppositionen in semantische oder logische einerseits und pragmatische oder auf den Kontext bezogene andererseits interessieren die künstliche Intelligenz kaum. Ein System muß jederzeit wissen, welche Information in einer Situation gegeben ist, d.h. wie das *universe of discourse* gerade beschaffen ist. Welchen Status im Sinne einer Theorie der Präsuppositionen irgend ein gültiger Satz hat, ist zweitrangig, vgl. dazu Munro 1975, 107ff. Das bedeutet allerdings nicht, daß auf sämtliche Analysekriterien verzichtet werden kann, die im Rahmen der Präsuppositionsdiskussion entwickelt wurden. Die Klassifikation der Verben in faktive und nicht faktive beispielsweise wird immer benötigt.
- 20 Die Literatur zu diesem Thema ist umfangreich. Den umfassendsten Überblick geben Chang/Lee 1973.
- 21 Winograd 1972, 9. Grundsätzliche Bedenken gegen die Verwendung einer logischen Basis für intelligente Maschinen werden in Minsky 1974, 74ff. vorgetragen.

Literatur

- BRUCE, B. (1975): „Case Systems for Natural Language“. *Artificial Intelligence* 6, 327–360.
- BOBROW, D.G. (1975): „Dimensions of Representation“. In: BOBROW, D.G./COLLINS, A. (Hrsg.) (1975), 1–34.
- BOBROW, D.G./COLLINS, A. (Hrsg.) (1975): *Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science*. New York (Academic Press).
- BROWN, G./BRUCE, B./TRIGOBOFF, M. (1974): *The CHRONOS natural language understanding system*. Comp. Sc. Dep., Rutgers Univ., New Brunswick (N.J.). (NIH Rep. CBM-TR-30).
- CHANG, C./LEE, R. (1973): *Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving*. New York (Academic Press).
- CHARNIAK, E. (1973): „Jack and Janet in Search of a Theory of Knowledge“. In: *Advance Papers of the Third Int. Conf. on Art. Int.*, Stanford (Cal.) 1973, 337–343.
- CHARNIAK, E. (1976): „Referenz und Fragebeantwortung in einfachen Erzählungen“. In: EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976b, 21–38).
- EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976a): *Maschinelle Sprachanalyse. Beiträge zur automatischen Sprachbearbeitung 1*. Berlin (De Gruyter).
- EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976b): *Semantik und künstliche Intelligenz. Beiträge zur automatischen Sprachbearbeitung 2*. Berlin (De Gruyter).
- FILLMORE, C.J. (1968): „The Case for Case“. In: BACH, E./HARMS, R.T. (Hrsg.): *Universals in Linguistic Theory*. New York (Holt, Rinehart & Winston), 1–88.
- FRASER, B. (1976): „Pessimistische Ausblicke auf die Möglichkeiten zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation“. In: EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976b, 39–58).
- FEIGENBAUM, E.A./FELDMAN, J. (Hrsg.): (1963): *Computers and Thought*. New York (McGraw-Hill).
- HABERLAND, H. (1973): „Linguistik und Informationswissenschaften“. In: BARTSCH, R./VENNEMANN, T. (Hrsg.): *Linguistik und Nachbarwissenschaften*. Kronberg (Scriptor), 75–92.
- HAYS, D.G. (1976): „Kognitive Netzwerke. Formen und Prozesse“. In: EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976b, 86–112).
- HEWITT, C. (1969): „PLANNER: A language for proving theorems in robots“. In: WALKER, D./NORTON, L. (Hrsg.): *Proceedings of the Int. Conf. on Art. Int.* Boston, 295–301.
- JACKSON, P.C. (1974): *Introduction to Artificial Intelligence*. New York (Petrocelli/Charter).
- KAPLAN, R.M. (1972): „Augmented transition networks as psychological models of sentence comprehension“. *Artificial Intelligence* 3, 77–100.
- KAPLAN, R.M. (1975): „On Process Models for Sentence Analysis“. In: NORMAN, D.A./RUMELHART, D.E. (1975), 119–135.

- KATZ, J.J. (1972): *Semantic Theory*. New York (Harper & Row).
- KUNO, S. (1967): „Computer Analysis of Natural Language“. In: *Proc. of Symposia in Applied Mathematics*, AMS, Bd. 19 (1969), 52–111. Deutsch in: EISENBERG, P. (Hrsg.): (1976a), 167–203.
- LAKOFF, G. (1971): *Linguistik und natürliche Logik*. Frankfurt/M. (Athenäum).
- LEWIS, D. (1972): „General Semantics“. In: DAVIDSON, D./HARMAN, G. (Hrsg.): *Semantics of Natural Language*. Dordrecht (Reidel), 169–218.
- LAU, G. (1976): „Computersysteme und menschliche Sprechfähigkeit“. *Das Argument* 96, 228–235.
- MINSKY, M. (Hrsg.): (1968): *Semantic Information Processing*. Cambridge (Mass.) (MIT Press).
- MINSKY, M. (1974): *A Framework for Representing Knowledge*. MIT Art. Int. Lab. (Memo Nr. 306).
- MUNRO, A. (1975): „Linguistic Theory and the LNR System“. In: NORMAN, D.A./RUMELHART, D.E. (1975), 88–113.
- NORMAN, D.A./RUMELHART, D.E. (1975): *Explorations in Cognition*. San Francisco (Freeman).
- QUILLIAN, M.R. (1968): „Semantic Memory“. In: MINSKY, M. (Hrsg.) (1968), 227–270.
- ROBINSON, J.A. (1965): „A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle“. *Journal of the ACM* 12, 23–41.
- SAMLOWSKI, W. (1976): „Case Grammar“. In: CHARNIAK, E./WILKS, Y. (Hrsg.): *Computational Semantics*. Amsterdam (North Holland) (55–72).
- SCHANK, R. (1976): „Computer, primitive Aktionen und linguistische Theorien“. In: EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976b), 113–141.
- SCHANK, R./COLBY, K.M. (Hrsg.) (1973): *Computer Models of Thought and Language*. San Francisco (Freeman).
- SCHNELLE, H. (1971): „Möglichkeiten und Grenzen der Automatisierung der Sprachverwendungsprozesse“. In: SCHWEISTHAL, K.G. (Hrsg.): *Grammatik, Kybernetik, Kommunikation*. Bonn (Dümmler), 160–166.
- SLAGLE, J.R. (1971): *Artificial Intelligence: The Heuristic Programming Approach*. New York (Mc Graw-Hill).
- SIMMONS, R.F. (1965): „Answering English Questions by Computer: a Survey“. *Communications of the ACM* 8, 53–70.
- SIMMONS, R.F. (1970): „Natural Language Question Answering Systems: 1969“. *Communications of the ACM* 13, 15–30. Deutsch in: EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976a), 204–242.
- SIMMONS, R.F. (1973): „Semantic Networks: Their Computation and Use for Understanding English Sentences“. In: SCHANK, R./COLBY, K.M. (Hrsg.) (1973), 63–113.
- SPARCK-JONES, K./KAY, M. (1973): *Linguistics and Information Science*. New York (Academic Press). Deutsch: *Linguistik und Informationswissenschaften*. München 1976 (Verlag Dokumentation, UTB).
- TURING, A.M. (1950): „Computing Machinery and Intelligence“. *Mind* 59, 433–460. Wieder in: FEIGENBAUM, E.A./FELDMAN, J. (Hrsg.) (1973), 11–35. Deutsch in *Kursbuch* 8 (1967). (1967).
- UHR, K. (1973): *Pattern Recognition, Learning, and Thought*. Englewood Cliffs (Prentice Hall).
- WEIZENBAUM, J. (1966): „ELIZA – a Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine“. *Communications of the ACM* 9, 36–45.
- WILKS, Y. (1972): *Grammar, Meaning, and the Machine Analysis of Language*. London (Routledge & Kegan Paul).
- WILKS, Y. (1976): „Sprachverstehende Systeme in der künstlichen Intelligenz: Überblick und Vergleich“. In: EISENBERG, P. (Hrsg.) (1976b), 180–230.
- WINOGRAD, T. (1972): *Understanding Natural Language*. Edinburgh (Edinburgh Univ. Press).
- WINOGRAD, T. (1974): *Five Lectures on Artificial Intelligence*. National Technical Information Service, Springfield (Va.) (Rep. STAN-CS-74-459).