

# ATNs UND DIE SEMANTISCH-PRAGMATISCHE STEUERUNG DER ANALYSE UND GENERIERUNG NATÜRLICHER SPRACHE

WOLFGANG WAHLSTER

**Summary.** This paper discusses adaptations of the ATN formalism for semantic and pragmatic processing in natural language understanding and generation. First, the various uses of ATNs are classified and a set of definitions of terms like 'semantically guided parsing', 'semantic grammar' and 'pragmatic grammar' is proposed. The use of ATNs for semantic and pragmatic processing is investigated by discussing the generation of definite noun phrases. It is shown that when we try to describe the generation of noun phrases as a cognitive process whose results enable the listener to identify an object intended by the Speaker - as it is done in the dialogue System HAM-RPM - we are confronted with several limitations of the ATN formalism. Finally, ten critical theses are formulated which summarize the strengths and limitations of ATNs within the framework of semantic and pragmatic processing.

## 1. Einleitung

Grammatisches Wissen wird in den meisten natürlichsprachlichen Systemen der Künstlichen Intelligenz (KI) in Form von ATNs (erweiterte Übergangnetzwerke, engl.: Augmented Transition Networks) repräsentiert<sup>1</sup>. Die Grundform des ATN-Formalismus (vgl. Woods 1970), die im folgenden als bekannt vorausgesetzt wird, wurde in zahlreichen Anwendungsprojekten in verschiedenen Richtungen z.T. stark erweitert und in eine komfortable Software-Umgebung (z.B. ATN-Trace, ATN-Editor, ATN-Compiler) eingebettet. Ähnlich wie auf dem Gebiet der Semantischen Netzwerke (vgl. Woods 1975) ist dabei eine große Bandbreite an Verwendungsweisen und Implementationen zu verzeichnen<sup>2</sup>, die zu einer starken terminologischen Vielfalt führte.

Dies gilt besonders für die in diesem Aufsatz betrachteten ATN-Anwendungen, in denen neben der Syntax auch semantisch-pragmatische Funktionen der natürlichen Sprache mit Hilfe des ATN-Formalismus erfaßt werden sollen (vgl. auch Ritchie 1978). Man findet auf diesem Gebiet in der englischsprachigen Literatur z. B. unterschiedliche Verwendungen der Bezeichnungen 'semantically guided parsing' (vgl. Woods 1970), 'semantic grammar' (vgl. Burton 1976) und 'pragmatic grammar' (vgl. Woods et al 1976).

Im ersten Abschnitt dieser Arbeit wird daher eine einheitliche Terminologie für diesen Bereich vorgeschlagen und die verschiedenen Erscheinungsformen von ATNs werden klassifiziert. Im zweiten Abschnitt wird am Beispiel der Generierung definiter Nominalphrasen untersucht, in welchem Umfang ATNs für semantisch-pragmatische Aufgaben geeignet sind. Die Wahl dieses Beispiels führt uns in ein verglichen mit der Analyse natürlicher Sprache wenig erforschtes Gebiet der ATN-Verwendung. Denn obwohl Woods 1970 bereits darauf hinweist, daß ATNs neben der Analyse auch zur Generierung natürlicher Sprache verwendet werden können (vgl. Woods 1970, S. 600), werden ATNs in den meisten natürlichsprachlichen Systemen lediglich beim Parsing eingesetzt.

Die ATN-Ansätze werden einer von mir entwickelten Komponente des Dialogsystems HAM-RPM (Hamburger Redepartnermodell) gegenübergestellt (vgl. Wahlster et al 1978). Betrachtet man wie in HAM-RPM die Generierung definiter Nominalphrasen als die Simulation eines kognitiven Entscheidungsprozesses, dessen Resultat dem Hörer die Identifikation eines vom Sprecher intendierten Objektes ermöglichen soll, so werden die Grenzen des ATN-Formalismus deutlich.

Zum Schluß werden zehn kritische Thesen zu ATNs formuliert, die Schwachstellen des ATN-Konzeptes aufzeigen und Anregungen für seine Weiterentwicklung enthalten.

## 2. Zur Klassifikation von ATNs

Zu jeder durch eine ATN-Grammatik beschriebenen Sprache existiert eine abstrakte ATN-Maschine, die genau diese Sprache akzeptiert. Wie in der Automatentheorie unterscheiden wir zunächst zwischen drei Typen von ATN-Maschinen; akzeptierende, generierende und transformierende ATN-Maschinen (vgl. Fig. 1).

Akzeptierende ATN-Maschinen, die z.B. für einen eingegebenen Satz X entscheiden, ob er zu der durch die Grammatik beschriebenen Sprache gehört, und generierende ATN-Maschinen, die z.B. ausgehend von einem Startzustand zufällig einen zu der durch die Grammatik beschriebenen Sprache gehörenden Satz Y erzeugen, sind lediglich beim Testen, Korrigieren und Erweitern von ATN-Grammatiken sinnvoll einzusetzen. Innerhalb von natürlichsprachlichen Systemen der Künstlichen Intelligenz spielen ausschließlich transformierende ATN-Maschinen eine Rolle.

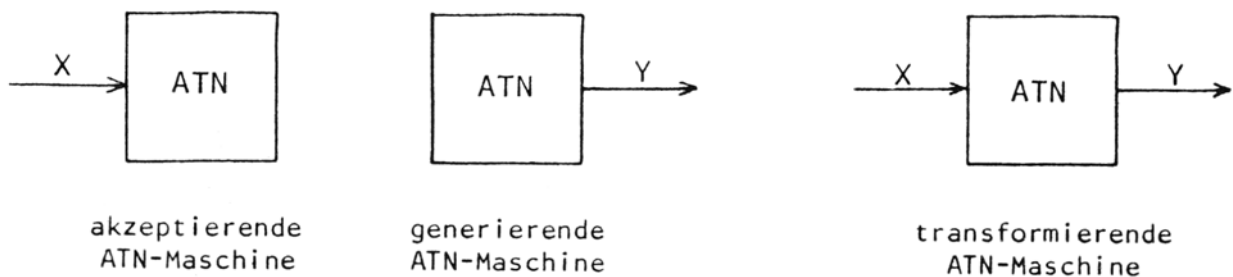


Fig. 1

Eine transformierende ATN-Maschine ist eine abstrakte Maschine mit einem Eingabeband, einem Ausgabeband, einer endlichen Kontrolle und zwei Arbeitsspeicherbereichen (vgl. Fig. 2). Der erste Arbeitsspeicherbereich besteht konzeptuell aus einer unbeschränkten Zahl von Registern, welche ihrerseits jeweils unbeschränkte Kapazität haben. Der zweite Arbeitsspeicherbereich ist ein Kellerspeicher. Eine Erfolgsrechnung einer ATN-Maschine besteht aus einer Folge von Konfigurationen. Jede Konfiguration hat die Form (Zustand, restliche Eingabe, Kellerinhalt, Inhalt der Register 1 ... Register N), wobei N die Zahl der bei diesem Schritt zur Verfügung stehenden Register ist. Da die ATN-Maschine ein nicht-deterministischer Automat ist, d.h. die Nachfolgekonfiguration zu einer gegebenen Konfiguration ist nicht eindeutig bestimmt, unterscheiden sich die verschiedenen implementierten ATN-Parser dadurch, welche der möglichen Nachfolgekonfigurationen sie bei der Suche nach einer Erfolgsrechnung zuerst verfolgen.

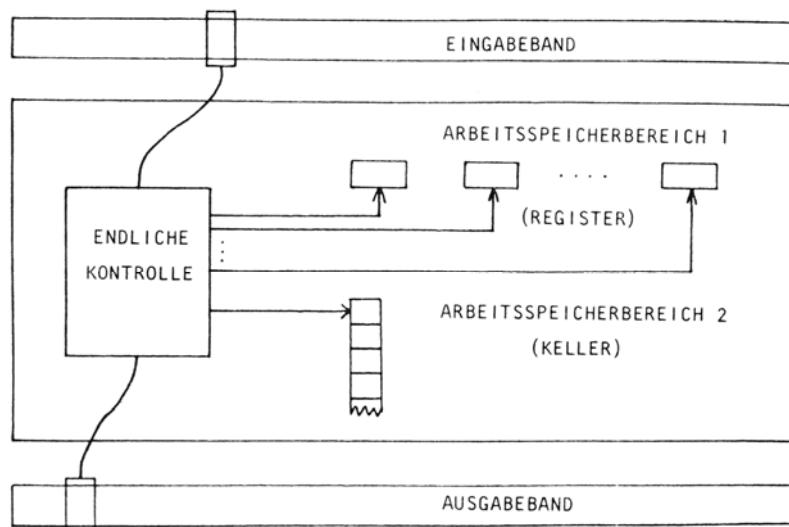


Fig. 2

Wenn wir ein natürlichsprachliches System in einem einfachen Modell als eine Folge von Transformationen betrachten, die eine Oberflächenstruktur der Eingabe ( $OS_E$ ) über eine syntaktische

Strukturbeschreibung ( $SB_E$ ), eine semantische Repräsentationskonstruktion der Eingabe ( $SR_E$ ) und eine semantische Repräsentationskonstruktion für die Ausgabe ( $SR_A$ ) schließlich in eine Oberflächenstruktur der Ausgabe ( $OS_A$ ) überführen, so kann man mit Hilfe dieser Strukturen die verschiedenen Verwendungen von ATNs danach klassifizieren, wie die Eingabe X in der Anfangskonfiguration und die Ausgabe Y in der Endkonfiguration interpretiert werden (vgl. Fig. 3).

Y \ X	$OS_E$	$SB_E$	$SR_A$
$SB_E$	ATN als syntaktisch orientierter Parser		
$SR_E$	ATN als semantisch orientierter Parser	ATN als Baumübersetzer	
$OS_A$	ATN als Frage-Antwort-System		ATN als Generator

Fig. 3

Wenn wir von der folgenden im Compilerbau üblichen Definition des Begriffs 'Parsing' ausgehen, wie sie für kontextfreie Grammatiken (CFG) in einem Standardwerk angegeben wird,

"We say that a sentence  $w$  in  $L(G)$  for some CFG  $G$  has been parsed when we know one (or perhaps all) of its derivation trees" (Aho und Ullman 1972, S. 263).

So entspricht ein ATN-Parser einer ATN-Maschine, deren Eingabe als  $OS_E$  und deren Ausgabe als  $SB_E$  interpretiert wird.

Der Begriff 'Parsing' hat aber in der KI gegenüber der ursprünglichen Definition im Compilerbau eine erhebliche Bedeutungserweiterung erfahren. In der KI wird Parsing oft als eine Transformation betrachtet, die eine natürlichsprachliche Eingabe zur Darstellung deren Bedeutung auf eine semantische Repräsentationskonstruktion abbildet (vgl. z.B. Wilks 1976). Dann wird der Bedeutungsumfang des Begriffs 'Parsing' z.T. so groß, daß er u.a. die folgenden Prozesse umfaßt, welche Voraussetzungen für die Abbildung der Eingabe auf einen Ausdruck der semantischen Repräsentationssprache sind: die referenzsemantische Analyse von definiten Nominalphrasen und Pronomen, die Analyse direkter und indirekter Sprechakte, die Überprüfung von Präsuppositionen, das Auflösen von Mehrdeutigkeiten und die Analyse von Ellipsen. Im Extremfall führt das dazu, daß der Parsing-Prozeß dem gesamten Sprachverstehensprozeß gleichgesetzt wird.

Um diese erweiterte Bedeutung des Begriffs 'Parsing' die in der Terminologie des Compilerbaus die lexikalische und die syntaktische Analyse sowie die Codegenerierung beinhaltet, von der in der Informatik gebräuchlichen eingeschränkten Bedeutung zu unterscheiden, werden in Fig. 3 die Bezeichnungen 'syntaktisch orientierter Parser' und 'semantisch orientierter Parser' eingeführt.

In Fig. 3 sind außerdem noch drei weitere Einsatzmöglichkeiten von ATNs erfaßt. Die letzte durchlaufene POP-Kante eines ATN kann Such- und Inferenzprozesse in der Wissensbasis des Systems auslösen, die durch eine vorher mit Hilfe von strukturbildenden Aktionen (z.B. BUILDQ) aufgebaute semantische Repräsentationskonstruktion gesteuert werden (vgl. BIGGRAM in Woods et al 1976, Vol. IV, S. 26ff) und deren Ergebnisse z.B. in einem Frage-Antwort-System die Antwort auf die durch die ATN-Maschine analysierte Frage darstellen können. Die bei dieser Anwendung zutage tretende Mächtigkeit des ATN-Formalismus, die - wie man sich anhand von Fig. 2 leicht, klarmachen kann - der einer Turing-Maschine entspricht, sollte beim Systementwurf nicht dazu führen, alle vorgesehenen Verarbeitungskomponenten eines natürlichsprachlichen Systems in den ATN-Formalismus zu zwingen, ohne darauf zu achten, daß jede Systemkomponente in einem adäquaten Formalismus implementiert wird.

Aus Gründen der Modularität werden natürlichsprachliche Systeme häufig so aufgebaut, daß in einer ersten Verarbeitungsphase durch einen syntaktisch orientierten Parser ein Strukturbaum für die Eingabe aufgebaut wird, der dann in einer zweiten Phase in eine semantische Repräsentationskonstruktion überführt wird. Bei dieser Systemarchitektur können für die zweite Phase auch ATNs verwendet werden. Die Eingabe in eine solche, einem Baumübersetzer entsprechende ATN-Maschine ist dann ein Strukturbaum in Listendarstellung, und die Form der Ausgabe kann aufgrund der Flexibilität von ATNs je nach Anwendung von einer einfachen Abhängigkeitsstruktur bis hin zu Formeln der intensionalen Logik reichen (vgl. auch Bates 1978, S. 198ff).

Eine weitere Verwendungsweise von ATNs besteht darin, eine semantische Repräsentationskonstruktion durch eine ATN-Maschine in eine wohlgeformte Oberflächenstruktur zu überführen. Bei dieser Verwendung von ATNs in der Generierungskomponente eines natürlichsprachlichen Systems, auf die wir im nächsten Abschnitt genauer eingehen, wird eine zum semantisch orientierten Parsing inverse Transformation durchgeführt.

Bisher haben wir bei der Klassifikation von transformierenden ATN-Maschinen nur die verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten der Eingabe und der Ausgabe als Unterscheidungsmerkmale benutzt. Im folgenden werden die unterschiedlichen Steuerungsmechanismen, die beim Abarbeiten eines ATNs in den Test- und Aktionsteilen der ATN-Kanten wirksam werden, als Klassifikationsmerkmale herangezogen.

Die im ATN-Formalismus zur Verfügung stehenden Steuerungsmechanismen dienen im allgemeinen dazu

- a) einen Pfad, der bei der zu verarbeitenden Eingabe kein Teil eines Erfolgspfades sein kann, frühzeitig abubrechen, um Sackgassen möglichst schnell zu verlassen oder Eingaben, die nicht wohlgeformt sind, zurückweisen zu können,
- b) bei der notwendigen Auswahl zwischen mehreren Nachfolgekonfigurationen diejenige zu bestimmen, die am ehesten zu einer Erfolgsrechnung führt ('best-first search').

Wir sprechen von 'syntaktisch gesteuerten ATNs', wenn zur Steuerung eines ATN-Durchlaufes ausschließlich syntaktische Beschränkungen wie die Kongruenz zwischen Artikel und Nomen bzgl. des Genus benutzt werden. Bei 'semantisch gesteuerten ATNs' sind die Ergebnisse von semantischen Tests, z.B. die Überprüfung von Selektionsbeschränkungen des Verbs, eine zusätzliche Entscheidungshilfe.

Schließlich können zusätzlich auch noch pragmatische Tests, in denen in der Wissensbasis des Systems gespeicherte Information über die Diskurswelt und den bisherigen Dialogverlauf berücksichtigt wird, durch die Steuerungsmechanismen von ATNs ausgenutzt werden. Wir sprechen dann von 'semantisch-pragmatisch gesteuerten ATNs'.

Beispielsweise wird bei der Verarbeitung des Ausdrucks 'diese Tagung' in semantisch-pragmatisch gesteuerten ATNs überprüft, ob dieser Ausdruck Teil eines Dialogs ist, in dem vorher bereits von einer bestimmten Tagung gesprochen wurde. Falls im Dialoggedächtnis des Systems kein entsprechender Eintrag gefunden werden kann, wird die Eingabe zurückgewiesen, oder es wird in einem Klärungsdialog versucht, nachträglich ein Referenzobjekt für den Ausdruck zu finden. Ein solcher pragmatischer Test kann z.B. mit Hilfe der VERIFY-Aktion durchgeführt werden (vgl. Woods et al 1976, Vol. IV, S. 34, Bates 1978, S. 202). Bei der Evaluation einer Aktion der Form (VERIFY form) durch einen ATN-Interpreter wird das Argument von VERIFY als Prädikat aufgefaßt, dessen erfolglose Auswertung zur Blockierung derjenigen Kante des ATN führt, welche die VERIFY-Kante enthält.

Um den genannten pragmatischen Test durchführen zu können, wird die VERIFY-Aktion in eine Kante vom Typ (WRD Wort Test Aktion) eingebettet (vgl. Fig. 4 nach Woods et al 1976, Vol. IV, S. 34). Dabei wird das Prädikat INFOCUS? benutzt, das die Vorerwähtheit in bezug auf den bisherigen Dialogverlauf überprüft. Als weiterer pragmatischer Test ist in BIGGRAM die Überprüfung von existentiellen Präsuppositionen vorgesehen. Zum Beispiel wird mit Hilfe der Funktion (GOODPLACE Stadt Staat) überprüft, ob ein Paar Stadt/Staat mit dem in der Datenbasis des Systems gespeicherten Wissen verträglich ist. Die Auswertung von (GOODPLACE BOSTON CALIFORNIA) kann z.B. zur Zurückweisung der Eingabe führen.

```
(1)      (WRD DIESE T (VERIFY (ASKFORK TRIP
(2)                (FOR: SOME X / (FINDQ: DB/TAGUNG); T :
(3)                (INFOCUS? X))))
(2),(3)    « 3 X INFOCUS?(X) X ∈ Tagungen
```

Fig. 4  
4

Woods bezeichnet ATN-Grammatiken, die semantisch-pragmatische Steuerungsmechanismen benutzen, als 'pragmatische Grammatiken' (vgl. Woods et al 1976, Vol. V, S. 20). Diese Begriffsbildung steht allerdings nicht im Einklang mit der Bedeutung des in der KI häufig verwendeten Begriffs 'semantische Grammatik', der im folgenden definiert wird.

Als weiteres Unterscheidungsmerkmal für ATNs betrachten wir die verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten der terminalen und nicht-terminalen Symbole einer ATN-Grammatik. 'Syntaktische ATN-Grammatiken' benutzen als terminale Symbole Wortklassen wie Nomen und Verb und als nicht-terminale Symbole syntaktische Kategorien wie Nominalphrase und Verbalphrase. Dagegen werden in 'semantischen ATN-Grammatiken' (vgl. Burton 1976, Woods et al 1976, Hendrix 1977, Bates 1978, Waltz 1978) auch semantische Kategorien wie Reise, Ort und Person als terminale oder als nicht-terminale Symbole verwendet (vgl. Fig. 5).

Im Sinne einer konsistenten Begriffsbildung sollte der Begriff 'pragmatische Grammatik' dann für ATNs, die auch pragmatische Kategorien (z.B. Sprechakttypen) als terminale oder nicht-terminale Symbole benutzen, reserviert bleiben und nicht wie bei Woods für ATNs mit semantisch-pragmatischer Steuerung verwendet werden. Bei der Beurteilung und beim Vergleich von denjenigen ATNs, in denen neben der Syntax auch semantische Funktionen der natürlichen Sprache erfaßt werden sollen, können also u.a. die Begriffe 'semantisch orientiertes', 'semantisch gesteuertes' und 'semantisches' ATN verwendet werden.

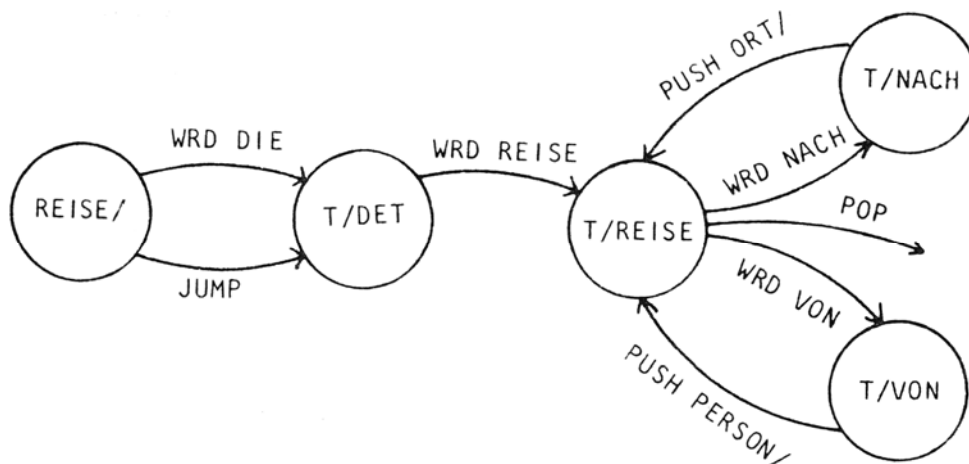


Fig. 5

Die Definitionen der wichtigsten der oben eingeführten Typen von ATNs können stichwortartig folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- A1: Syntaktisch orientierte ATNs  
Ziel: Aufbau eines syntaktischen Strukturbaums
- A2: Semantisch orientierte ATNs  
Ziel: Aufbau einer semantischen Repräsentationskonstruktion
  
- B1: Syntaktisch gesteuerte ATNs  
Syntaktische Tests und Aktionen zur Wahl zwischen alternativen Pfaden oder zur Blockierung von Pfaden
- B2: Semantisch gesteuerte ATNs  
Syntaktische und semantische Tests und Aktionen zur Wahl zwischen alternativen Pfaden oder zur Blockierung von Pfaden
- B3: Semantisch-pragmatisch gesteuerte ATNs  
Syntaktische, semantische und pragmatische Tests und Aktionen zur Wahl zwischen alternativen Pfaden oder zur Blockierung von Pfaden

- C1: Syntaktische ATNs  
 Terminale und nicht-terminale Symbole der Grammatik werden als syntaktische Kategorien interpretiert.
- C2: Semantische ATNs  
 Terminale und nicht-terminale Symbole der Grammatik werden teilweise auch als semantische Kategorien interpretiert.

Die bei der Einordnung von ATNs in die Kategorien A,B und C angewendeten Kriterien sind weitgehend voneinander unabhängig, so daß z.B. BIGGRAM (vgl. Woods et al 1976, Vol. IV) als semantische ATN-Grammatik, die semantisch orientiert und semantischpragmatisch gesteuert ist, charakterisiert werden kann.

### 3. ATNs und die Generierung definiter Nominalphrasen

Definite Nominalphrasen (NPs) sind syntaktische Einheiten, die innerhalb von Referenzakten eine eindeutige semantisch-pragmatische Funktion haben. Sie sollen dem Hörer die Identifikation eines vom Sprecher intendierten Objektes ermöglichen. Im Sinne der Sprechakttheorie gilt daher ein Referenzakt als gelungen, wenn das vom Sprecher intendierte Objekt vom Hörer fokussiert wird.

Am Beispiel der Generierung definiter Nominalphrasen soll im folgenden gezeigt werden, inwieweit mit ATNs semantisch-pragmatische Funktionen der natürlichen Sprache erfaßt werden können, und wo die Grenzen der Leistungsfähigkeit von ATNs in diesem Bereich liegen.

Möglichkeiten zur Generierung definiter NPs sind in natürlichsprachlichen Systemen aus zwei Gründen besonders wichtig:

- Definite NPs sind nicht nur in Antworten enthalten, die aus vollständigen Propositionen bestehen, sondern können im Gegensatz zu vielen anderen syntaktischen Einheiten häufig auch alleine als Antwort fungieren (z.B. Welches Auto parkt falsch? Der gelbe Kombi.).
- Da in den meisten natürlichsprachlichen Systemen für die Kommunikation zwischen dem Benutzer und dem System nur ein einfacher graphischer Kanal zur Verfügung steht, ist ein Gebrauch von deiktischen Partikeln und Hinweisgesten nicht möglich, so daß die Funktion dieser Referenzmittel in KI-Systemen durch definite NPs übernommen werden muß.

Der erste Versuch, ATNs zur Generierung natürlichsprachlicher Ausdrücke einzusetzen, wird von Simmons und Slocum 1972 beschrieben. Der von Simmons und Slocum entwickelte Generierungsalgorithmus, der eine Menge meist unsinniger, aber syntaktisch wohlgeformter Sätze erzeugt, sucht einen Pfad von einem Anfangs- zu einem Endzustand eines ATNs, wobei zwischen alternativen Kanten zufällig ausgewählt wird und beim Durchlaufen von Kanten mit terminalen Kategorien zufällig entsprechende Lexikoneinheiten eingesetzt werden (vgl. Fig. 6).

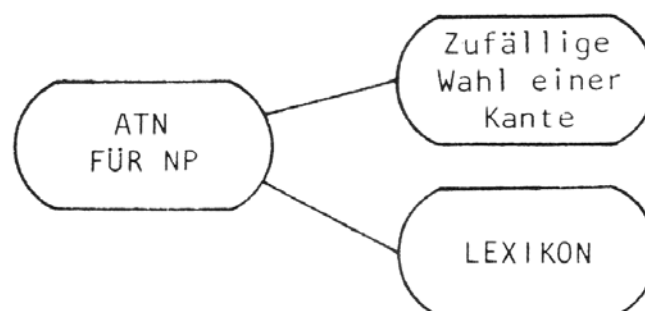


Fig. 6

Eine Verfeinerung dieser Prozedur besteht darin, mit Hilfe von Tests und Aktionen an den Kanten der ATNs innerhalb der Ausgabe eine weitgehende syntaktische und semantische Kongruenz zu erzeugen. Es ist offensichtlich, daß auch diese erweiterte Prozedur für die Antwortgenerierung in KI-Systemen, bei der ein systeminterner Name eines Objektes durch eine transformierende ATN-Maschine in eine definite NP überführt werden muß, nicht geeignet ist.

Ausgehend von einer Generierungsprozedur (vgl. Simmons und Slocum 1972), in der das Durchlaufen eines ATNs von einem Semantischen Netzwerk gesteuert wird (vgl. Fig. 7), sind für mehrere natürlichsprachliche Systeme Algorithmen zur Generierung definiter NPs mit Hilfe von ATNs entwickelt worden (vgl. Simmons 1973, Hendrix et al 1973, Shapiro 1975, Goldman 1975, Wong 1975).

Die Eingabe in die Generierungsprozedur ist ein Knoten eines Semantischen Netzes, welcher das durch die definite NP gekennzeichnete Objekt repräsentiert.

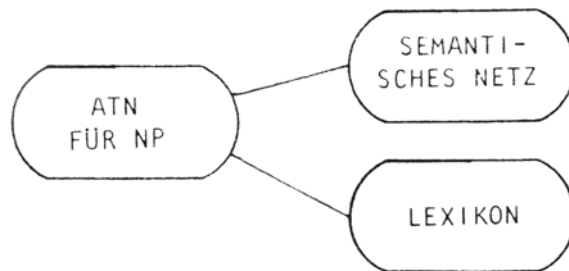


Fig. 7

Wird der Knoten C1 des in Fig. 8 dargestellten Ausschnitts eines Semantischen Netzwerks beim Zustandsübergang von S/ nach S/NP (vgl. Fig. 9) in das Register ST geladen, so wird nach dem Durchlaufen des Übergangnetzwerkes in Fig. 10 das Register ANT die definite NP 'der kleine braune Tisch' enthalten.

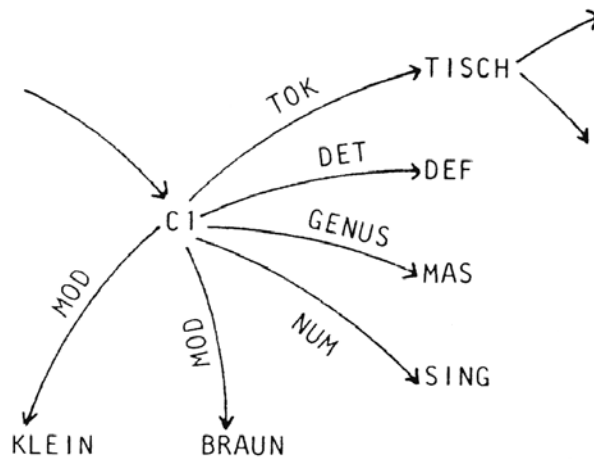


Fig. 8

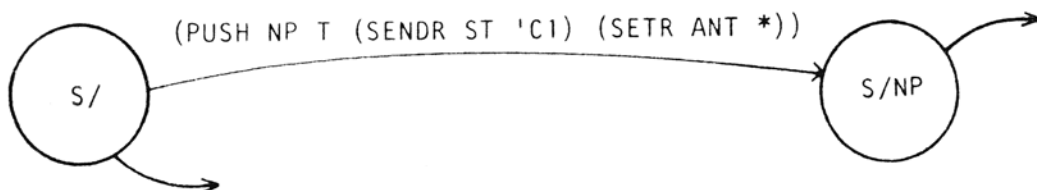


Fig. 9

Wie Fig. 10 zeigt, sind zahlreiche Tests und Aktionen, die sich stets auf das Semantische Netz und das Lexikon beziehen, erforderlich, um eine wohlgeformte NP zu erzeugen, die auf das als C1 im Semantischen Netz repräsentierte Objekt referiert. Bei genauerer Analyse des in Fig. 10 dargestellten Übergangnetzwerkes, das eine noch stark vereinfachte Generierung von definiten NPs ermöglicht, werden Eigenschaften von ATNs deutlich, die sich bei stärkerer semantisch-pragmatischer Steuerung nachteilig auswirken: aus dem im ATN-Formalismus zur Verfügung gestellten Kanteninventar werden nur wenige Typen benutzt (in Fig. 9 und 10: TST, PUSH, POP), und der Anteil an reinem LISP-Code in Form von komplexen Tests und Aktionen innerhalb der Kanten des ATN überwiegt, wodurch der Wert einer graphischen Darstellung sinkt und die Grenzen zu einer rein prozedural codierten Grammatik verwischt werden.

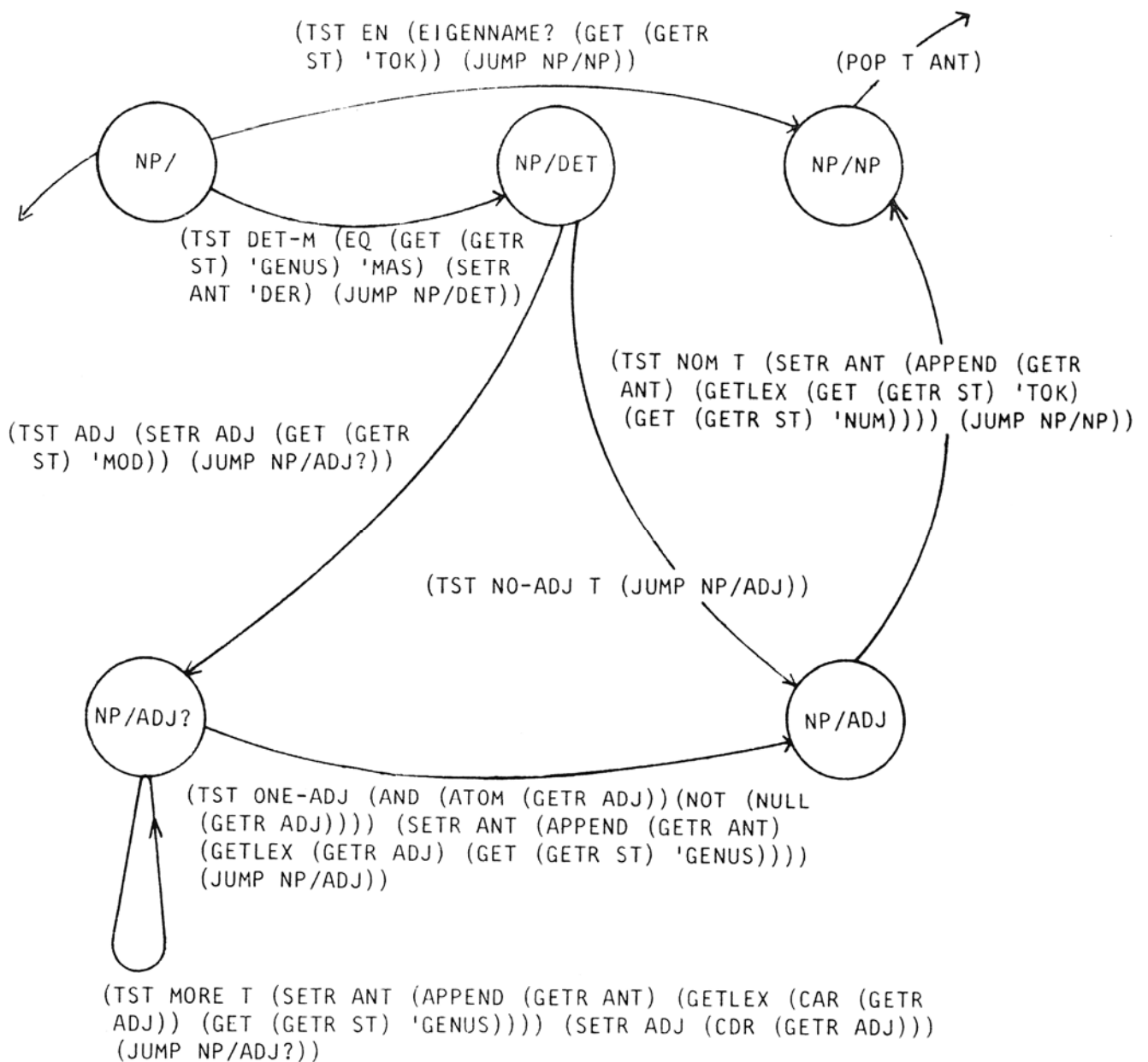


Fig. 10

Verallgemeinerungen und Erweiterungen der beschriebenen Generierungsprozedur, die zu immer aufwendigeren Tests und Aktionen an den Kanten des ATN führen, werden von Hendrix et al 1973 und Shapiro 1975 beschrieben. Auch in der Generierungskomponente BABEL (vgl. Goldman 1975, S. 317, S.



352ff) des MARGIE-Systems wird die beschriebene Generierungsprozedur eingesetzt. BABEL übersetzt Graphen, wie sie innerhalb der Theorie der konzeptuellen Dependenz als semantische Repräsentationssprache entwickelt wurden, in sog. 'Syntax Netzwerke', die vergleichbar mit den von Simmons benutzten Semantischen Netzen sind, und durch die ein entsprechendes ATN gesteuert wird (vgl. Fig. 11).

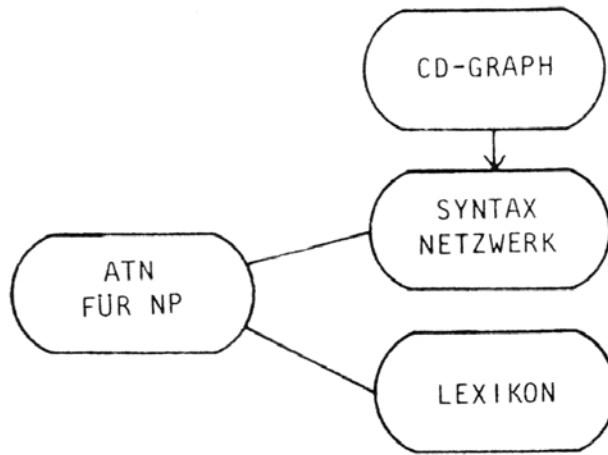


Fig. 11

Betrachtet man die beschriebenen Generierungsalgorithmen unter semantisch-pragmatischem Gesichtspunkt, so stellt man fest, daß sie trotz der vorgeschlagenen Modifikationen inadäquat sind, da sie die Situationsabhängigkeit der Verwendung von NPs völlig unberücksichtigt lassen.

Auf ein und dasselbe Objekt kann in verschiedenen Dialogsituationen durch unterschiedliche definite NPs verwiesen werden. Dabei wird das zu benennende Objekt jeweils von der Menge aller Objekte abgegrenzt, von denen der Sprecher erwartet, daß der Hörer sie in der gegebenen Dialogsituation mit dem zu benennenden Objekt verwechseln könnte (vgl. Herrmann und Deutsch 1976). Das eigentliche semantisch-pragmatische Problem bei der Generierung definitiver NPs ist daher die Selektion von in der Wissensbasis des Systems gespeicherten Merkmalen des zu benennenden Objektes.

Durch die von mir in dem natürlichsprachlichen Dialogsystem HAM-RPM implementierte Komponente zur Generierung definitiver NPs (vgl. Fig. 12) wird versucht, Aspekte dieses kognitiven Entscheidungsprozesses zu simulieren (vgl. Wahlster et al 1978). Dabei wird der Dialogkontext berücksichtigt, z.B. werden die in einer Anfrage präsupponierten Eigenschaften eines Objektes bei der Generierung einer definitiven NP blockiert.

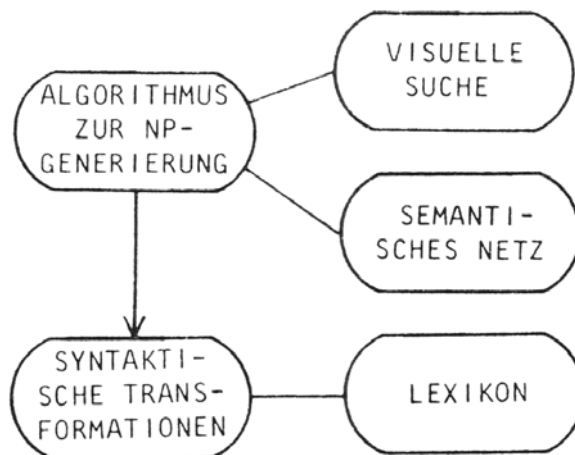


Fig. 12

Ein Objekt kann von einer Menge äußerlich identischer Objekte oft nur durch räumliche Relationen zu Bezugsobjekten abgegrenzt werden. Bei der Auswahl solcher Bezugsobjekte wird in HAM-RPM darauf geachtet, daß sie vom Hörer leicht identifiziert werden können (vgl. Wahlster et al 1978). Wenn dem System bei der Generierung einer Objektbenennung alternativ mehrere Merkmale des Objektes mit gleichem Ausprägungsgrad zur Verfügung stehen, wählt das System aufgrund von interindividuell recht konsistenten Dimensionspräferenzen (z.B. Farbe vor Größe, vgl. auch Herrmann und Deutsch 1976) gewisse Merkmale aus.

Schon diese wenigen Hinweise zu der in Wahlster et al 1978 beschriebenen Generierungskomponente machen deutlich, daß aufwendige Such- und Inferenzprozesse in der Wissensbasis und vor allem die Berücksichtigung des Dialogkontextes für eine semantisch-pragmatisch fundierte Generierung definiter NPs erforderlich sind. Obwohl solche über die Satzgrenzen hinausgreifenden Prozeduren prinzipiell auch mit Hilfe von ATNs codiert werden können, ist diese Verwendung unangemessen, weil dabei keine charakteristischen Eigenschaften von ATNs ausgenutzt werden können.

Wong kommt aufgrund von Erfahrungen bei der Entwicklung einer Generierungskomponente für das System TORUS zu einer ähnlichen Bewertung (vgl. Wong 1975). In TORUS wird eine Prozedur zur situationsabhängigen Generierung definiter NPs eingesetzt, deren Ergebnisse von einer einfachen deterministischen ATN-Maschine in eine wohlgeformte Oberflächenstruktur überführt werden (vgl. Fig. 13).

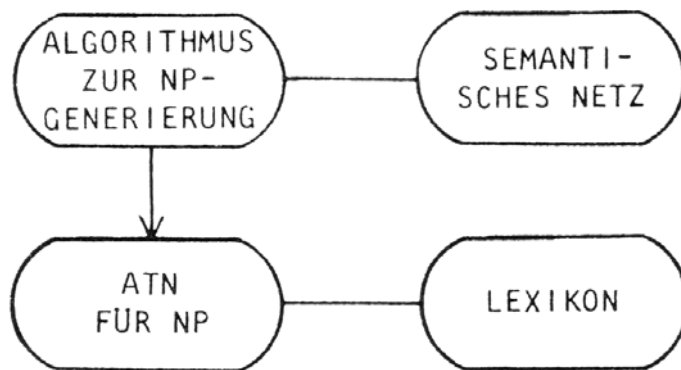


Fig. 13

Die sich für die Generierung definiter NPs ergebende Beurteilung kann auf die Verwendung von ATNs zur Analyse natürlichsprachlicher Eingaben übertragen werden: Eine angemessene Repräsentation von Prozeduren, die wie die referenzsemantische Analyse von Nominalphrasen und Pronomen, die Überprüfung von Präsuppositionen und die Analyse von Ellipsen Such- und Inferenzprozesse in der Wissensbasis und eine Berücksichtigung des Dialogkontextes erfordern, ist mit Hilfe von ATNs nur in sehr begrenztem Umfang möglich. Innerhalb von ATNs können aber Schnittstellen zu solchen Systemkomponenten vorgesehen werden, oder ATNs können solchen Systemkomponenten, die unabhängig vom ATN-Formalismus implementiert werden, vor- oder nachgeschaltet werden.

Zumindest im Bereich der Simulation von natürlichsprachlichem Verhalten ist es nicht sinnvoll, den gesamten Sprachverstehensprozeß oder die Generierung sprachlicher Ausdrücke ausschließlich mit Hilfe von ATNs zu erfassen.

#### 4. Zehn kritische Thesen zu ATNs

Ziel der folgenden zehn Thesen ist es, die sich aus der vorliegenden Untersuchung ergebende Einschätzung von ATNs zusammenzufassen, Schwachstellen des ATN-Konzeptes aufzuzeigen und Anregungen für seine Weiterentwicklung zu geben.

**These 1**

ATNs stellen keine Grammatiktheorie wie Generative Transformationsgrammatik, Kasusgrammatik, Dependenzgrammatik oder Montague-Grammatik dar.

**These 2**

Es gibt ähnlich wie für LISP sehr viele Dialekte von ATNs.

**These 3**

Die starke Verbreitung von ATNs beruht auf ihrer guten Dokumentation und leichten Zugänglichkeit.

**These 4**

ATNs sind zu stark an der sprachlichen Einheit 'Satz' orientiert. Die Register müssen z.B. für die Pronominalreferenz und Ellipsenverarbeitung über ganze Dialogsequenzen hinweg zur Verfügung stehen.

**These 5**

ATNs sind nicht für die Interaktion mit dem Benutzer (z.B. Klärungsdialoge) eingerichtet.

**These 6**

Das Konzept des Speicherns und des Zugreifens auf Register in ATNs ist zu 'maschinennah' und muß bei semantisch-pragmatischer Analysesteuerung durch pattern-gesteuerte Zugriffe auf eine assoziative Datenbasis ersetzt werden.

**These 7**

In ATNs verwischt die Möglichkeit zur Formulierung komplexer Tests und Aktionen die Grenze zu einer rein prozedural codierten Grammatik (z.B. rekursiver Abstieg).

**These 8**

Die Vorteile der Möglichkeit zur graphischen Darstellung von ATNs gehen bei umfangreichen ATNs verloren.

**These 9**

Die Lesbarkeit stark semantisch-pragmatisch gesteuerter ATNs gleicht der von entsprechenden LISP-Programmen, da der Anteil von LISP-Code überwiegt.

**These 10**

'Semantische' ATNs sind nur für anwendungsorientierte Systeme wie LIFER (Hendrix 1977), SOPHIE (Burton 1976), PLANES (Waltz 1978) und HWIM (Woods et al 1976) brauchbar. Im Bereich der Simulation von Sprachverhalten sind sie als ad-hoc-Lösungen wegen fehlender Allgemeinheit abzulehnen.

**ANMERKUNGEN**

1. Beispielsweise werden ATNs in der Mehrzahl der 54 von Waltz 1977 zusammengestellten natürlichsprachlichen Systeme verwendet.
2. Wir betrachten in diesem Aufsatz nur LISP-Implementationen.
3. Diese Definition gilt nur für die einfachste Form der ATN-Maschine. Beim bidirektionalen Parsing im System HWIM haben die Konfigurationen eine völlig andere Form (vgl. Woods et al 1976, Vol IV, S. 6).

## LITERATURVERZEICHNIS

- Aho, A. V., Ullman, J. D. (1972): The theory of parsing, translation and compiling. Vol. 1, Englewood Cliffs: Prentice-Hall
- Bates, M. (1978): "The theory and practice of augmented transition network grammars". in: Bolc, L. (Hg.) Natural Language Communication with Computers. Berlin: Springer, 191-259
- Burton, R. R. (1976): Semantic grammar: An engineering technique for constructing natural language understanding systems. Bolt, Beranek and Newman Inc., Cambridge, Ma., Report No. 3453
- Goldman, N. M. (1975): "Conceptual generation" in: Schank, R. C. (Hg.) Conceptual Information Processing. Amsterdam: North-Holland, 289-371
- Hendrix, G. G. (1977): "Human engineering for applied natural language processing." in: Proc. of the fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 183-191
- Hendrix, G. G., Thompson, C. W., Slocum, J. (1973): Language processing via canonical verbs and semantic models. Univ. of Texas, Dept. of Computer Science, Technical Report NL 16
- Herrmann, T., Deutsch, W. (1976): Psychologie der Objektbenennung. Bern: Huber
- Ritchie, G. D. (1978): Augmented transition network grammars and semantic processing. Univ. of Edinburgh, Dept. of Computer Science, Internal Report CSR-20-78
- Shapiro, S. C. (1975): "Generation as parsing from a network into a linear string." AJCL, Microfiche 33
- Simmons, R. F. (1973): "Semantic networks: Their computation and use for understanding English sentences." in: Schank, R. C., Colby, K. M. (Hg.) Computer Models of Thought and Language. San Francisco: Freeman, 63-113
- Simmons, R. F., Slocum, J. (1972): "Generating English discourse from semantic networks." CACM, Vol. 15, No. 10, 891-915
- Wahlster, W., Jameson, A., Hoepfner, W. (1978): Glancing, referring and explaining in the dialogue system HAM-RPM. Univ. Hamburg, Germanisches Seminar, Bericht Nr. 7 der Projektgruppe 'Simulation von Sprachverstehen'
- Waltz, D. L. (1977): "Natural language interfaces." SIGART Newsletter, No. 61, 16-65
- Waltz, D. L. (1978): "An English language question answering system for a large relational database." CACM, Vol. 21, No. 7, 526-539
- Wilks, Y. (1976): "Parsing English I, II." in: Charniak, E., Wilks, Y. (Hg.) Computational semantics. Amsterdam: North-Holland, 89-100, 155-184
- Wong, H. K. T. (1975): Generating English sentences from semantic structures. Univ. of Toronto, Dept. of Computer Science, Technical Report No. 84
- Woods, W. A. (1970): "Transition network grammars for natural language analysis." CACM 13, 591-606
- Woods, W. A. (1973): "An experimental parsing system for transition network grammars." in: Rustin, R. (Hg.) Natural language processing. New York: Algorithmics, 111-154
- Woods, W. A. (1975): "What's in a link: Foundations for semantic networks." in: Bobrow, D. G., Collins, A. (Hg.) Representation and understanding: Studies in cognitive science. New York: Academic, 35-82
- Woods, W. A. et al (1976): Speech Understanding Systems. Bolt, Beranek and Newman Inc., Cambridge, Ma., Final Report, Vol. IV, V