

KIT REPORT 96

Semantische Repräsentation anaphorischer Bezüge in terminologischen Logiken

J. Joachim Quantz

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN
PROJEKT KIT-BACK, FR 5-12
FRANKLINSTR. 28/29, W-1000 BERLIN 10

e-mail: jjq@cs.tu-berlin.de

Januar 1992

Kurzfassung

Die referentielle Mehrdeutigkeit anaphorischer Ausdrücke ist ein grundlegendes Problem für die semantische Algorithmisierung natürlicher Sprachen. Dabei können vier Grundtypen anaphorischer Bezüge unterschieden werden: Identitäts-, Kontiguitäts-, Substitutions- und Bindungsanaphern. Eine detailliertere Klassifikation anaphorischer Bezüge kann die lexikalische Realisierung der Anapher, die ontologische Kategorie des Anaphernreferenten, die syntaktische Kategorie des Antezedens und der Anapher, sowie die Beziehung zwischen Antezedens und Anapher als Klassifikationskriterien verwenden.

Während die Formalismen der logisch-linguistischen Semantik die Anaphernresolution kaum unterstützen, können terminologische Logiken, die den Semantikformalismen auch hinsichtlich der semantischen Algorithmisierbarkeit überlegen sind, zur Repräsentation von Textinhalten und Hintergrundwissen verwendet werden. Die Integration von generalisierten Quantoren in terminologische Logiken bildet dabei die Grundlage für eine adäquate Repräsentation von Bindungsanaphern.

Abstract

Because of their referential ambiguity anaphoric expressions are considered as a central problem in natural language processing. Four basic types of anaphoric relations are distinguished: identity anaphora, contiguity anaphora, substitution anaphora, and bound anaphora. A more detailed classification of anaphora uses as criteria the lexical realization of the anaphor, the ontological category of its referent, the syntactic category of antecedent and anaphor, and the relation between antecedent and anaphor.

The use of terminological representation systems for the representation of discourse contents and background knowledge provides a solid basis for the resolution of anaphoric relations. In order to represent bound anaphora, however, generalized quantifiers have to be integrated into the framework of terminological logics.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der semantischen Repräsentation anaphorischer Bezüge in der Sprachverarbeitung. Dieses Thema umfaßt drei Aspekte, die unterschiedlichen Bereichen der Linguistik zuzuordnen sind: die Beschreibung anaphorischer Bezüge gehört zur deskriptiven Linguistik, die semantische Repräsentation zur theoretischen Linguistik und die Sprachverarbeitung zur Computerlinguistik. Ich habe in dieser Arbeit versucht, die unterschiedlichen Aspekte gleichmäßig zu berücksichtigen, anstatt einen Aspekt in den Mittelpunkt zu stellen. Das bedeutet konkret, daß ich mit einer sehr weiten Definition anaphorischer Bezüge beginne und Beispiele für die unterschiedlichen Anaphertypen untersuche. Ausgehend von diesen Beispielen betrachte ich Semantikformalisten, die eine logisch fundierte Repräsentation anaphorischer Bezüge ermöglichen. Diese theoretischen Untersuchungen dienen aber nur als Mittel für die algorithmische Umsetzung in Systemimplementierungen. Ich beschäftige mich daher abschließend mit der Frage, wie ein System zur semantischen Repräsentation anaphorischer Bezüge aussehen sollte. Die Sprachverarbeitung ist daher zwar nicht der Schwerpunkt der Arbeit aber doch der Zielpunkt, der die allgemeine Richtung der Untersuchung vorgibt.

Eine Untersuchung mit dieser Zielsetzung kann sich beim jetzigen Entwicklungsstand nicht auf existierende Syntax- oder Semantiktheorien wie die Rektions- und Bindungstheorie oder die Montague-Grammatik stützen. Die Arbeiten zu anaphorischen Bezügen, die innerhalb dieser Theorien vorliegen, beschäftigen sich mit einem stark eingeschränkten Phänomenbereich und berücksichtigen Fragen der algorithmischen Umsetzung nur am Rande. Die Sprachverarbeitung selbst ist aber noch in einem vorwissenschaftlichen Entwicklungszustand, in dem Gegenstand und Methode wissenschaftlicher Forschung nur unzureichend charakterisiert sind. Ich mußte daher in meiner Arbeit zunächst die zugrundeliegende Terminologie entwickeln und das Problemgebiet skizzieren, in das meine Untersuchung einzuordnen ist. Ich hoffe, daß mir dies zumindest soweit gelungen ist, daß der Zusammenhang zwischen den einzelnen Kapiteln und der Stellenwert der gesamten Arbeit deutlich wird.

Der Arbeitszusammenhang der Projekte KIT-BACK und KIT-FAST hat wesentlich zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen. Ich bin daher allen MitarbeiterInnen dieser Projekte zu Dank verpflichtet. Prof. Roland Posner hat mich auf erhebliche terminologische Unstimmigkeiten in meinen Überlegungen aufmerksam gemacht. Christa Hauenschild und Klaus Robering haben Vorversionen meiner Arbeit gelesen und mich auf Schwachstellen in der Argumentation und auf relevante Literatur hingewiesen. Im Hinblick auf die Integration generalisierter Quantoren in terminologische Lo-

giken haben mir die Diskussionen mit Jürgen Allgayer und Carola Reddig wichtige Impulse gegeben. Hilfreiche Anmerkungen zu (Teilen) dieser Arbeit erhielt ich auch von Gudrun Klose, Susanne Preuß, Klaus Schild und Birte Schmitz. Jeroen Groenendijk übersandte mir die aktuellen Arbeiten zur Dynamischen Montague-Grammatik und Cordula Lippke half mir bei der Erstellung einiger Abbildungen.

Inhalt

1	Einleitung: Grundbegriffe der Semantischen Repräsentation	1
2	Terminologie und Problematik	16
2.1	Terminologie	16
2.2	Ein historischer Überblick	20
2.3	Problematik	28
3	Anaphernklassifikation	30
3.1	Lexikalische Realisierung der Anapher	31
3.2	Ontologische Kategorie des Referenten	33
3.3	Syntaktische Kategorie der Anapher und des Antezedens	43
3.4	Beziehung zwischen Antezedens und Anapher	52
3.5	Zusammenfassung und Auswertung	56
4	Anaphorische Bezüge in Semantikformalismen	58
4.1	Nicht-referierende Antezedenten	58
4.2	Drei Repräsentationsvarianten	63
4.3	Semantikformalismen	71
4.4	Zusammenfassung und Auswertung	79
5	Semantische Repräsentation mit Back	83
5.1	Der Repräsentationsformalismus Back	83
5.2	Semantische Repräsentation	91
5.3	Notwendige Erweiterungen	96
5.4	Resolutionsunterstützung	111
6	Zusammenfassung und Ausblick	116
	Literatur	119

Abbildungen

1.1	Beziehungen zwischen natürlichsprachlichen Sätzen und ihren Logischen Formen.	11
3.1	Das ontologische Quadrat nach [Heyer 87, S. 53].	35
3.2	Vier Ontologien nach [Zemach 70].	37
4.1	Die syntaktische Struktur von Satz 98.	61
4.2	Kings Repräsentation für Satz 130.	69
4.3	Die DRT Repräsentation von Satz 98.	72
5.1	Die Syntax des Repräsentationsformalismus.	86
5.2	Verschiedene Varianten der lexikalischen Semantik.	92

Kapitel 1

Einleitung: Grundbegriffe der Semantischen Repräsentation

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der semantischen Repräsentation anaphorischer Bezüge in der Sprachverarbeitung. Bevor ich mich im nächsten Kapitel den anaphorischen Bezügen zuwende, möchte ich zunächst die Aufgabe der semantischen Repräsentation in der Sprachverarbeitung skizzieren. Diese Vorüberlegungen sollen klären, welche Fragestellungen für die nachfolgende Untersuchung relevant sind.

Unter Semantik wird im allgemeinen die Theorie der Bedeutung verstanden, wobei (zumindest für natürliche Sprachen) zwischen *deskriptiver, sozialer* und *expressiver Bedeutung* unterschieden werden kann. Die soziale Bedeutung soll dabei die Funktion der Sprache erfassen, "soziale Beziehungen zu errichten und aufrecht zu erhalten", während die expressive Bedeutung der Tatsache Rechnung trägt, daß die Sprache "dem Ausdruck unserer Anschauungen und unserer Persönlichkeit" dient [Lyons 77^D, S. 64]. In dieser Arbeit geht es ähnlich wie in den meisten Untersuchungen zur Semantik lediglich um deskriptive Bedeutung, also um die in sprachlichen Äußerungen enthaltene weltbeschreibende Information.

Aufgaben der semantischen Repräsentation

Ein sprachverarbeitendes System enthält in der Regel unterschiedliche Komponenten wie etwa Syntax, Semantik oder Lexikon. Die Syntaxkomponente besteht dabei aus einem endlichen System von Regeln, mit dem eine unendliche Menge grammatisch wohlgeformter Sätze abgeleitet werden kann. Damit sind auch Kriterien für die Überprüfbarkeit einer Syntaxkomponente gegeben: Sätze, die vom Regelsystem erzeugt werden, aber nicht zur entsprechenden Sprache gehören, sowie Sätze, die zur Sprache gehören, aber vom Regelsystem nicht erzeugt werden, sind Beispiele, die gegen dieses Regelsy-

stem sprechen.

Entsprechende Adäquatheitsbedingungen wurden von Katz und anderen (vgl. beispielsweise [Katz, Fodor 63] oder [Katz, Nagel 74]) für die Semantikkomponente vorgeschlagen und in [Cresswell 78] aufgegriffen. Danach soll eine Semantikkomponente die folgenden Phänomene natürlicher Sprachen erklären:

- Nicht-syntaktische Mehrdeutigkeiten wie in **Hans hat gestern ein Schloß gekauft.**
- Semantische Anomalien wie in **Farblose grüne Ideen schlafen stürmisch.**
- Paraphrasen wie zwischen **Hans ist Jungeselle** und **Hans ist ein unverheirateter Mann.**
- Wahrheit (bzw. Falschheit) von Sätzen in bestimmten Situationen.¹

Übernimmt man die in [Dummett 75^D, S. 97] vertretene Auffassung, nach der eine Bedeutungstheorie beschreibt, was ein Sprecher wissen muß, um eine Sprache zu verstehen, so sollten Sprachtests, in denen Sprachverständnis “überprüft” wird, weitere Anhaltspunkte für Adäquatheitskriterien liefern. Und tatsächlich enthalten Sprachtests wie etwa der TOEFL Test (Test of English as a foreign language) Aufgaben, in denen für einen vorgegebenen Text entschieden werden muß, ob bestimmte Sätze aus ihm folgen oder nicht:

When you hear a statement, read the four sentences in your test book and decide which one is closest in meaning to the statement you have heard.

You are to choose the one word or phrase which would *best keep the meaning* of the original sentence if it were substituted for the underlined word.

Answer all questions following a passage on the basis of what is *stated or implied* in that passage. [Sharpe 86, Model Test One]

Die Semantikkomponente sollte also Bedeutungsgleichheit (bzw. -ähnlichkeit) zwischen Sätzen (bzw. Texten)² ableiten können und somit die Fähigkeit von Sprechern nachbilden, Paraphrasen zu bilden und zu erkennen. Im

¹Dieses Kriterium stammt von Cresswell und ist bei Katz nicht aufgeführt.

²Unter einem Text verstehe ich hierbei eine Folge von Sätzen. Daß diese Folgen bestimmte Eigenschaften erfüllen müssen (vgl. hierzu etwa [Brown, Yule 83, Kap. 6.1], [Vater 90, Kap. 2] oder [Heinemann, Viehweger 91, Kap. 1.2.3]), kann im Kontext dieser Arbeit vernachlässigt werden.

nachfolgenden Beispiel können etwa die Sätze 2 und 3 als Paraphrasen des Textes 1 angesehen werden.³

- (1) Lukas musterte den Hauptmann von Kopf bis Fuß. Dann nahm er seine Pfeife aus der Tasche, stopfte sie sorgfältig und zündete sie an. E68⁴
- (2) Lukas nahm seine Pfeife aus der Tasche.
- (3) Lukas zündete seine Pfeife an.

Auf der semantischen Ebene geht es mit anderen Worten darum zu entscheiden, ob ein natürlichsprachlicher Text aus einem anderen natürlichsprachlichen Text folgt oder nicht. Die Entwicklung eines maschinellen Entscheidungsverfahrens werde ich im folgenden als *semantische Algorithmisierung* bezeichnen, das Entscheidungsverfahren selbst als *semantischen Algorithmus*.⁵ Es liegt nun nahe, bei der semantischen Algorithmisierung natürlicher Sprachen auf formale Sprachen zurückzugreifen, für die bereits semantische Algorithmen existieren.

Semantische Algorithmisierung der Prädikatenlogik

Innerhalb der formalen Logik wurden in den letzten Jahrzehnten Logiksprachen unterschiedlicher Komplexität entwickelt, wobei die Prädikatenlogik 1. Stufe (im folgenden kurz Prädikatenlogik) als eigentliche Kernlogik angesehen werden kann [Hodges 83, S. 83ff]. In diesem Abschnitt möchte ich zeigen, welche Grundideen den semantischen Algorithmen der Prädikatenlogik zugrundeliegen, um dann im nächsten Abschnitt zu untersuchen, ob solche Algorithmen auch auf natürliche Sprachen anwendbar sind.

Zentraler Bestandteil semantischer Algorithmen sind *Ableitungsregeln*, die aus einer Formelmenge eine neue Formel ableiten: $\phi_1, \dots, \phi_n \mapsto \psi$. Bekanntestes Beispiel für eine solche Ableitungsregel ist vielleicht der Modus Ponens, der aus der Formelmenge $\{\phi, \phi \rightarrow \psi\}$ die Formel ψ ableitet. Um nun zu entscheiden, ob eine Formelmenge B aus einer Formelmenge A ableitbar ist, werden sukzessive Ableitungsregeln auf A angewendet und die abgeleiteten Formeln zu A hinzugefügt. In dem Moment, wo alle Formeln aus B auch

³Ich verwende den Ausdruck Paraphrase hier in einem sehr weiten Sinn: ein Satz paraphrasiert einen anderen Satz, wenn er aus diesem folgt (und nicht nur, wenn er die gleiche Bedeutung hat).

⁴Die meisten deutschen Beispielsätze stammen aus [Ende 60/62], die englischen aus [Carroll 1865] und die französischen aus [Sempé, Goscinny 61]. Als Referenz verwende ich die Abkürzungen *En*, *Cn* und *Sn*.

⁵Ich werde weiter unten zeigen, daß ein semantischer Algorithmus die oben angeführten Adäquatheitsbedingungen erfüllt und daß er die semantische Grundlage für Anwendungen der Sprachverarbeitung bildet.

in A enthalten sind, weiß man, daß B aus A ableitbar ist. Für uns sind in diesem Zusammenhang drei Fragen von Interesse:

1. Wovon hängt die Anwendbarkeit einer Ableitungsregel ab?
2. Wie wird die Menge der Ableitungsregeln bestimmt?
3. Wie erkenne ich, daß B nicht aus A folgt?

Eine Ableitungsregel ist auf eine Formelmenge A anwendbar, wenn alle Formeln auf der linken Seite der Regel in A enthalten sind. Um dies zu überprüfen, reichen rein syntaktische Vergleiche aus. Atomare Formeln der Prädikatenlogik haben die Form $P(a)$, wobei P ein *Prädikat* und a eine *Konstante* ist. $P(a)$ ist dann die gleiche Formel wie $P(b)$ aber eine andere als $P(b)$ oder $Q(a)$. Sowohl Prädikat als auch Konstante müssen also übereinstimmen.

Die Menge der Ableitungsregeln wird in Abhängigkeit von der formalen Semantik der Prädikatenlogik bestimmt. Während wir zunächst davon gesprochen haben, daß eine Formel aus einer anderen Formel *folgt*, wird im Zusammenhang mit Ableitungsregeln gesagt, daß eine Formel aus einer anderen Formel *ableitbar* ist. Mithilfe der formalen Semantik wird zunächst definiert, wann eine Formelmenge B aus einer Formelmenge A folgt ($A \models B$). Ein Regelsystem \mathcal{R} wird nun so konstruiert, daß es *adäquat*, das heißt *korrekt* und *vollständig* ist. Korrektheit heißt, daß B mit \mathcal{R} aus A abgeleitet werden kann ($A \xrightarrow{\mathcal{R}} B$) nur dann, wenn auch $A \models B$. Vollständigkeit heißt, daß wenn $A \models B$, dann auch $A \xrightarrow{\mathcal{R}} B$.

Für unseren Argumentationszusammenhang ist noch wichtig, daß in der formalen Semantik eine Interpretationsfunktion \mathcal{I} Konstanten auf Elemente einer Domäne abbildet und 1-stellige Prädikate auf Teilmengen dieser Domäne. Die Formel $P(a)$ kann dann semantisch gelesen werden als $\mathcal{I}(a) \in \mathcal{I}(P)$.

Das oben skizzierte Verfahren zur Anwendung der Ableitungsregeln auf eine Formelmenge hat den Nachteil, daß es in einigen Fällen nicht *terminiert*. Dies liegt daran, daß aus einer Formelmenge unendlich viele Formeln folgen und somit von einem adäquaten Regelsystem auch abgeleitet werden. Falls eine Formelmenge B nicht aus einer Formelmenge A folgt, würden durch die Anwendung der Ableitungsregeln unendlich viele Formeln zu A hinzugefügt werden, ohne daß jemals alle Formeln von B in A enthalten wären. Um trotzdem eine negative Antwort geben zu können, müßte das Ableitungsverfahren an einem Punkt abbrechen, an dem offensichtlich ist, daß mindestens eine der Formeln in B nicht mehr ableitbar ist. In der Prädikatenlogik kann im Unterschied zur Aussagenlogik aber kein solches Abbruchkriterium spezifiziert werden. Man spricht daher von der *Unentscheidbarkeit* der Prädikatenlogik.

Von der Unentscheidbarkeit der Prädikatenlogik werde ich im folgenden zunächst abstrahieren.⁶ Das für unsere Untersuchung wesentliche Merkmal formaler Logiken ist die Tatsache, daß aufgrund rein syntaktischer Eigenschaften entschieden werden kann, ob eine Formel aus einer anderen Formel folgt oder nicht. Dies ist die Grundlage für die Algorithmisierbarkeit der semantischen Ebene.

Semantik natürlicher Sprachen

Um die für formale Logiken entwickelten semantischen Algorithmen auf natürliche Sprachen anzuwenden, muß zunächst untersucht werden, ob sich eine ähnliche Unterscheidung wie die zwischen Konstanten und Prädikaten auch in natürlichen Sprachen findet. In natürlichen Sprachen wird in diesem Zusammenhang zwischen *referierenden* und *prädikativen* Ausdrücken unterschieden (vgl. etwa [Lyons 77^D, S. 190]), so daß Satz 4 prädikatenlogisch als 5 interpretiert wird:

(4) Der Salzstreuer ist leer.

(5) leer(der Salzstreuer)

Diese Interpretation scheint mir aber hinsichtlich der referierenden Ausdrücke zu kurz zu greifen. Ich werde stattdessen an referierenden Ausdrücken zwei semantische Aspekte unterscheiden, wobei der *referentielle* Aspekt den Konstanten und der *konzeptuelle* Aspekt den Prädikaten entspricht.

Referierende Ausdrücke werden verwendet, um auf Gegenstände der Welt zu verweisen. So bezieht sich in dem obigen Beispielsatz der Ausdruck **der Salzstreuer** offensichtlich auf einen bestimmten Gegenstand. Diese Beziehung zwischen einem sprachlichen Ausdruck und einem Gegenstand wird im allgemeinen als *Referenz* bezeichnet. Lyons hebt zu Recht hervor, daß es die Sprecherin ist, die durch die Verwendung eines angemessenen Ausdrucks in einer bestimmten *Äußerungssituation* auf einen Gegenstand *referiert*. Von daher ist die Aussage, ein Ausdruck referiere auf einen Gegenstand, lediglich als abkürzende Redewendung zu verstehen.

Der Gegenstand, auf den ein Ausdruck referiert, wird dann als *Referent* bezeichnet und in der Literatur gibt es unterschiedliche Standpunkte hinsichtlich der Frage, was genau ein Referent ist. Zum einen kann angenommen werden, daß Ausdrücke auf Gegenstände der realen Welt referieren. Da Ausdrücken wie **Pegasus** oder **der Weihnachtsmann** aber kein Gegenstand in der realen Welt entspricht, kommen auch Gegenstände möglicher Welten als Referenten in Frage.

⁶Diese Problematik wird in 5.1 wieder aufgegriffen.

In neuerer Zeit setzt sich mehr und mehr die Ansicht durch, daß sprachliche Ausdrücke (...) auf Einheiten einer konzeptuellen Welt, bzw. einer aus unserem Bewußtsein “projizierten Welt” referieren. [Vater 90, S. 79]

Im folgenden bezeichne ich die Referenten sprachlicher Ausdrücke als *Diskursreferenten*. Inwieweit diese Diskursreferenten Entitäten der realen oder einer projizierten Welt sind, ist für die vorliegende Arbeit nicht relevant. Vorausgesetzt wird lediglich, daß sie die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Diskursreferenten sind intersubjektiv, das heißt, verschiedene SprecherInnen können auf denselben Diskursreferenten referieren.
- Diskursreferenten lassen sich in verschiedene ontologische Bereiche einteilen (z.B. Dinge, Orte, Ereignisse, Zahlen)⁷ und mit Begriffen (siehe unten) beschreiben.
- Diskursreferenten sind im allgemeinen nicht-sprachlich, das heißt der Referent des Ausdrucks **der Salzstreuer** ist nicht identisch mit dem Ausdruck **der Salzstreuer** selbst oder mit einem anderen sprachlichen Ausdruck.⁸
- Diskursreferenten werden eindeutige Bezeichnungen zugeordnet. Diskursreferenten mit derselben Bezeichnung sind also identisch, Diskursreferenten mit unterschiedlicher Bezeichnung sind verschieden.⁹

Vom referentiellen Aspekt der Semantik kann der *konzeptuelle* Aspekt unterschieden werden. Während der referentielle Aspekt nur in konkreten Äußerungssituationen relevant ist, bezieht sich die Behauptung, daß **Junggeselle** und **unverheirateter Mann** beziehungsweise **Hund** und **dog** dieselbe Bedeutung haben, nicht auf eine bestimmte Äußerungssituation, sondern auf äußerungsunabhängige Eigenschaften der jeweiligen Ausdrücke. In Analogie zur Redeweise von referieren und Referent spreche ich hier von *bedeuten* und *Bedeutung*. Die Bedeutung eines Ausdrucks und die Beziehung zum Referenten muß nun noch näher charakterisiert werden.

Gemäß der eingeführten Terminologie referiert ein Ausdruck wie **der Salzstreuer** auf einen Diskursreferenten. Gleichzeitig hat der Ausdruck **der Salzstreuer** aber auch eine Bedeutung, von der wir noch nicht wissen, wie wir

⁷Das Problem einer ontologischen Kategorisierung wird in Abschnitt 3.2 ausführlich behandelt.

⁸Ausdrücke wie **dieser Ausdruck** haben natürlich Diskursreferenten, die dem sprachlichen Bereich angehören.

⁹Aufgrund dieser eindeutigen Beziehung werde ich im folgenden keinen Unterschied mehr zwischen einem Diskursreferenten und seiner Bezeichnung machen.

sie charakterisieren sollen. Die Beziehung zwischen Referent und Bedeutung muß nun zumindest unserer Intuition Rechnung tragen, daß der Diskursreferent ein Salzstreuer ist. Ich werde daher sagen, daß die Bedeutung eines Ausdrucks eine Menge von Diskursreferenten ist, und daß der Referent eines Ausdrucks ein Element der Bedeutung dieses Ausdrucks sein muß. Damit wird auch klar, was es heißt, daß Diskursreferenten begrifflich beschrieben werden können. Unter einer begrifflichen Beschreibung verstehe ich eine Aussage der Form $P(a)$, wobei P ein Begriff ist und a ein Diskursreferent.¹⁰ Die Aussage $P(a)$ kann umgangssprachlich wiedergegeben werden als a ist ein P , was mengentheoretisch als $a \in P$ interpretiert werden kann.¹¹

Somit hat ein referierender Ausdruck einen referentiellen und einen konzeptuellen Aspekt, wobei der referentielle Aspekt den Diskursreferenten und der konzeptuelle Aspekt die Bedeutung umfaßt. Beide zusammen entsprechen einer atomaren prädikatenlogischen Formel, da der Diskursreferent einer Konstante und die Bedeutung einem Prädikat entspricht. Nach dieser Auffassung entspricht dem Satz 4 also nicht die Formel 5, sondern die Formel 6:

$$(6) \text{ Salzstreuer}(a) \wedge \text{leer}(a)$$

Neben dieser grundlegenden Gemeinsamkeit zwischen Prädikatenlogik und natürlichen Sprachen gibt es aber auch erhebliche Unterschiede. Diesen werde ich mich jetzt zuwenden.

Natürliche Sprachen und Prädikatenlogik

Wir hatten oben gesehen, daß die Prädikatenlogik semantisch algorithmisierbar ist. Im letzten Abschnitt hatte sich dann ergeben, daß die beiden semantischen Aspekte natürlicher Sprachen, Referenz und Bedeutung, den Konstanten und Prädikaten der Prädikatenlogik entsprechen. Es stellt sich nun die Frage, welche Unterschiede zwischen natürlichen Sprachen und Prädikatenlogik zu Problemen bei der semantischen Algorithmisierung natürlicher Sprachen führen können.

Syntaktische Komplexität: Ein erster Unterschied besteht darin, daß die syntaktische Struktur prädikatenlogischer Formeln mit einer formalen Syntax beschrieben werden kann: alle Formeln sind entweder *atomare Formeln* (z.B. $P(a)$), *quantifizierte Formeln* (z.B. $\forall x P(x)$) oder durch *logische Konnektoren* (z.B. \wedge) verknüpfte Formeln. Ableitungsregeln werden dann

¹⁰Natürlich lassen sich Diskursreferenten auch mit relationalen Begriffen beschreiben: $R(a, b)$.

¹¹Dies entspricht der formalsemantischen Behandlung atomarer Formeln in der Prädikatenlogik: $\mathcal{I}(a) \in \mathcal{I}(P)$ (siehe oben).

als syntaktische Schemata beschrieben (z.B. $\phi \wedge \psi \mapsto \phi$). Eine Ableitungsregel kann dann auf eine Formel angewendet werden, wenn die syntaktische Struktur der Formel dem syntaktischen Schema der linken Seite der Regel entspricht. Die wesentlich komplexere Struktur natürlichsprachlicher Sätze erschwert die Überprüfung, wann eine Regel auf einen Satz angewendet werden kann. Notwendig ist auf jeden Fall ein Verfahren, das die referierenden, prädikativen und quantifizierenden Ausdrücke eines Satzes sowie die verwendeten Konnektoren erkennt.

Kontextabhängigkeit der Referenz: Die Ableitungsregeln, die zur Konstruktion semantischer Algorithmen verwendet werden, identifizieren Formeln aufgrund ihrer syntaktischen Struktur. Zwei Vorkommnisse von $P(a)$ werden als Vorkommnisse derselben Formel interpretiert. Dagegen hatten wir die Referenz natürlichsprachlicher Ausdrücke als kontextabhängig definiert. Es macht daher im allgemeinen keinen Sinn, die Referenz eines Ausdrucks wie **der Vater des Ermordeten** unabhängig von der Äußerungssituation zu bestimmen. Dies bedeutet, daß zwei Vorkommnisse eines referentiellen Ausdrucks zwei unterschiedliche Referenten haben können:

- (7) Aber weiter kam er nicht, denn in diesem Augenblick flog die Tür des Palastes auf, und der König stürzte heraus. Er hatte nur ein Nachthemd an und bemühte sich, im Laufen seinen Schlafrock aus rotem Samt überzuziehen.
E234

Ableitungsregeln können daher nicht direkt auf die referierenden Ausdrücke natürlicher Sprachen angewendet werden, da diese mehrdeutig sind.

Kontextabhängigkeit der Bedeutung: Wir hatten die Bedeutung natürlichsprachlicher Ausdrücke zunächst als unabhängig von der Äußerungssituation definiert. Aufgrund von Argumenten, die sich aus der Diskussion über Homonymie und Polysemie ergeben, muß dies nun revidiert werden.¹² Erinnern wir uns, daß wir die Bedeutung eines natürlichsprachlichen Ausdrucks sowohl als Menge von Diskursreferenten als auch als Träger bestimmter Eigenschaften ansehen konnten. Wird die Bedeutung kontextunabhängig verstanden, heißt dies, daß ein Ausdruck in jedem Äußerungskontext dieselbe Menge von Diskursreferenten, beziehungsweise dieselben Eigenschaften bedeutet. Diese Auffassung führt jedoch zu Problemen, wenn wir die folgenden Beispielsätze betrachten:

- (8) Gestern wurde am Alexanderplatz eine neue Bank eröffnet.

¹²Zur Unterscheidung zwischen Homonymie und Polysemie, die für die vorliegende Arbeit nicht relevant ist, vergleiche etwa [Lyons 77^D, S. 162].

(9) Gestern wurde in unserem Garten eine Bank aufgestellt.

Dem Lexem **Bank** kann in diesen Sätzen nicht dieselbe Bedeutung zugeordnet werden. In Satz 8 ist der Diskursreferent ein Geldinstitut, während er in Satz 9 eine Sitzgelegenheit ist. Eine Möglichkeit, mit diesem Problem umzugehen, besteht darin, zwischen einem Lexem **Bank**₁ und einem Lexem **Bank**₂ zu unterscheiden.¹³

Vorgegebene Bedeutungsbeziehungen: In der Prädikatenlogik bestehen zunächst keine Beziehungen zwischen den Prädikaten. Demgegenüber bilden Begriffe, also die Bedeutungen natürlichsprachlicher Lexeme, ein komplexes Netz semantischer Relationen.¹⁴ So ist beispielsweise **Auto** ein Hyponym von **Fahrzeug**, das heißt jeder Diskursreferent, der ein Auto ist, ist auch ein Fahrzeug. Ein Großteil der Paraphrasebeziehungen zwischen natürlichsprachlichen Texten ergibt sich aus den semantischen Beziehungen der involvierten Begriffe, die daher in den semantischen Algorithmen berücksichtigt werden müssen.¹⁵

Zwei-Stufen-Semantik

Die bisherigen Überlegungen zur Semantik natürlicher Sprachen haben ergeben, daß sich die semantischen Algorithmen formaler Logiken nicht direkt auf Sätze natürlicher Sprachen anwenden lassen. Um natürliche Sprachen semantisch zu algorithmisieren, ist daher ein zwei-stufiges Verfahren notwendig: in einem ersten Schritt werden natürlichsprachliche Sätze in *logische Formen* (Formeln eines *Repräsentationsformalismus*) übersetzt, auf die dann in einem zweiten Schritt semantische Algorithmen angewendet werden. Die semantische Komponente muß also zwei Teilaufgaben erfüllen, die ich im folgenden als *Desambiguierung* und als *semantische Repräsentation* bezeichne: zum einen müssen die potentiell mehrdeutigen Sätze in eindeutige logische Formen übersetzt werden, zum anderen müssen semantische Algorithmen für diese logischen Formen konstruiert werden (siehe hierzu auch [Woods 75, S. 45]). Als eine Quelle der Mehrdeutigkeit natürlicher Sprachen hatten wir referierende Ausdrücke ausgemacht: diese Ausdrücke referieren nämlich auf Diskursreferenten, die aufgrund der syntaktischen Struktur des referierenden Ausdrucks nicht eindeutig erkannt werden können. Es liegt daher nahe, in den logischen Formen den referentiellen Aspekt eines referierenden

¹³Vergleiche hierzu auch die Bemerkungen in Abschnitt 5.2.

¹⁴Vergleiche hierzu etwa [Lyons 77^D, Kap. 8] oder [Cruse 86], wo diese Relationen allerdings zwischen Lexemen und nicht zwischen Begriffen definiert werden.

¹⁵Wie terminologische Logiken die Modellierung dieser Bedeutungsbeziehungen unterstützen, zeigt Abschnitt 5.2.

Ausdrucks durch den Diskursreferenten zu repräsentieren. Bei der Desambiguierung muß daher die in der Äußerungssituation enthaltene Information verwendet werden, um die Diskursreferenten referierender Ausdrücke zu bestimmen.¹⁶ Diese Überlegungen machen deutlich, daß genaugenommen Äußerungen und nicht Sätze desambiguiert werden (vgl. hierzu auch [Barwise, Perry 83, Kap. 6]). Ich werde im folgenden aber nicht zwischen Äußerungen und Sätzen unterscheiden und weiter von der Desambiguierung und der semantischen Repräsentation von Sätzen sprechen.

Die Existenz zweier Teilbereiche der sprachverarbeitenden Semantik läßt sich auch anhand bereits existierender Forschungsarbeiten nachweisen. So beschäftigt sich die KI-Semantik in erster Linie mit Fragen der Desambiguierung, während in der logisch-linguistischen Semantik Fragen der semantischen Repräsentation im Vordergrund stehen.¹⁷ Gegenstand der logisch-linguistischen Semantik ist daher die Explizierung eines Folgebegriffs für formale Sprachen, mit dem Anspruch, daß die Folgebegriffe, die zwischen logischen Formen bestehen, unseren Intuitionen über die Folgebegriffe zwischen den Sätzen der natürlichen Sprachen entsprechen.¹⁸ Zusammen mit einer geeigneten KI-Semantik, die natürlichsprachliche Sätze in logische Formen übersetzt, ergibt sich dann das in Bild 1.1 dargestellte Modell der Semantikkomponente.

Man kann sich nun leicht klar machen, daß für eine so konzipierte Semantikkomponente die oben spezifizierten Adäquatheitskriterien überprüft werden können:

- Nicht-syntaktische Mehrdeutigkeit liegt vor, wenn einem Satz durch die Desambiguierung mehr als eine logische Form zugeordnet wird.
- Semantische Anomalie liegt vor, wenn einem Satz eine widersprüchliche logische Form zugeordnet wird.
- Eine Paraphrase liegt vor, wenn die logische Form des einen Satzes aus der logischen Form des anderen Satzes folgt.
- Ein Satz ist wahr in einer Situation, wenn seine logische Form aus der logischen Form der Situation folgt.¹⁹

¹⁶Man könnte diese Desambiguierung daher auch in Anknüpfung an [Lyons 77^D, S. 204] als *Dekontextualisierung* bezeichnen.

¹⁷Die terminologische Unterscheidung zwischen KI-Semantik und logisch-linguistischer Semantik stammt aus [Pinkal 88].

¹⁸Die wichtigsten Ansätze der logisch-linguistischen Semantik sind die Montague-Semantik [Dowty et al. 81], die Diskurs-Repräsentations-Theorie [Kamp 81], die Kartteikartensemantik [Heim 82] und die Situationssemantik [Barwise, Perry 83].

¹⁹Diese Voraussetzung, daß auch Situationen logische Formen haben, kann hier nicht weiter behandelt werden.

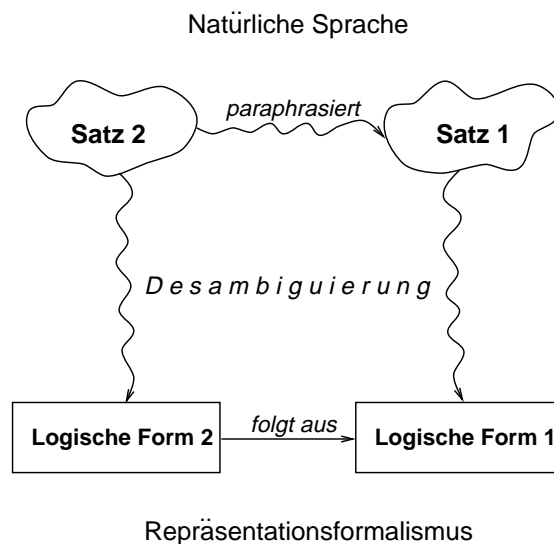


Abbildung 1.1: Beziehungen zwischen natürlichsprachlichen Sätzen und ihren Logischen Formen.

Darüberhinaus ist diese Semantikkonzeption auch für die Aufgaben der Sprachverarbeitung angemessen. So kann die logische Form eines Satzes als Grundlage für die maschinelle Übersetzung dienen und für natürlichsprachliche Eingaben und Anfragen in Informationssystemen verwendet werden. In diesem Zusammenhang sei allerdings darauf verwiesen, daß ich neben der semantischen Repräsentation weitere Repräsentationen eines Satzes für notwendig erachte. So werden meines Erachtens den Sätzen 10 und 11 sowie den Anfangssätzen der Texte 12 und 13 jeweils äquivalente logische Formen zugeordnet, da sie sich jeweils gegenseitig paraphrasieren.²⁰

- (10) Die Flasche ist halbvoll.
- (11) Die Flasche ist halbleer.
- (12) ? Hans ist verheiratet. Sie ist Französin.
- (13) Hans hat eine Frau. Sie ist Französin.

Die Unterschiede, die jeweils zwischen den Sätzen bestehen, gehören für mich daher nicht in den Bereich der semantischen Repräsentation, sondern müssen

²⁰Dies gilt natürlich nur in einem Kontext, in dem Hans ein Männername ist und lediglich heterosexuelle Heiraten zugelassen sind.

in einer anderen Repräsentation erfaßt werden.²¹

Im letzten Abschnitt hatte ich vier Bereiche unterschieden, aus denen sich Probleme bei der semantischen Algorithmisierung ergeben: strukturelle Komplexität, referentielle Mehrdeutigkeit, konzeptuelle Mehrdeutigkeit und lexikalische Bedeutungsstruktur. Unter Berücksichtigung der Unterscheidung zwischen Desambiguierung und semantischer Repräsentation können dann sechs Teilaufgaben der semantischen Komponente unterschieden werden: strukturelle Desambiguierung, strukturelle Repräsentation, referentielle Desambiguierung, referentielle Repräsentation, konzeptuelle Desambiguierung und konzeptuelle Repräsentation.

Ich möchte diese Aufteilung anhand der folgenden Beispielsätze und ihrer logischen Formen kurz illustrieren:

(14) Hans stopft seine Pfeife.

(15) $\text{stopft}(a, b) \wedge \text{Pfeife}(b) \wedge \text{gehört}(b, a)$

(16) Hans bewundert seinen Bruder.

(17) $\text{bewundert}(a, b) \wedge \text{hat bruder}(a, b)$

(18) Hans betrachtet sein Knie.

(19) $\text{betrachtet}(a, b) \wedge \text{Knie}(b) \wedge \text{teil von}(b, a)$

Bei der *strukturellen Desambiguierung* müssen die Strukturen der natürlichsprachlichen Sätze in Strukturen der logischen Form übersetzt werden. Die Beziehung, die zwischen Hans und dem Diskursreferenten der Nominalphrase besteht, wird natürlichsprachlich jeweils durch **sein** N ausgedrückt. In der logischen Form wird das Charakteristische dieser Beziehung (z.B. Besitzverhältnis oder Teil-Ganzes-Beziehung) explizit repräsentiert. Diese Repräsentationsstrukturen zur Verfügung zu stellen und ihnen eine adäquate formale Semantik zuzuordnen, ist Aufgabe der *strukturellen Repräsentation*.

Die *referentielle Desambiguierung* ordnet den referentiellen Ausdrücken der natürlichsprachlichen Sätze Diskursreferenten zu. Bei dieser Zuordnung muß die konzeptuelle Information über einen Diskursreferenten und seine Beziehung zu anderen Diskursreferenten erfaßt werden. So werden in den obigen Beispielsätzen den Ausdrücken **Hans** und **sein** dieselben Diskursreferenten zugeordnet.

Die *konzeptuelle Desambiguierung* schließlich muß den natürlichsprachlichen Ausdrücken die richtige Bedeutung zuordnen, wobei insbesondere

²¹Vergleiche hierzu die Argumentation in [Schmitz et al. 91, Kap. 4], wo eine andere Semantikkonzeption vertreten wird.

Homonyme und Polyseme desambiguiert werden müssen.²² So wird beispielsweise der Ausdruck **Pfeife** in Satz 14 in der Bedeutung **Rauchgerät** und nicht in der Bedeutung **eintonige Flöte** verwendet. In der *konzeptuellen Repräsentation* geht es darum, die Beziehungen, die zwischen den Bedeutungen natürlichsprachlicher Ausdrücke bestehen, adäquat zu repräsentieren.

Diese Teilaufgaben dürfen natürlich nicht als isolierte Bereiche angesehen werden, da sowohl Beziehungen zu anderen Komponenten des sprachverarbeitenden Systems (Syntax, Lexikon) als auch wechselseitige Abhängigkeiten bestehen. Die semantische Repräsentation anaphorischer Bezüge, um die es im folgenden gehen wird, ist im wesentlichen der *referentiellen Repräsentation* zuzuordnen, das heißt der Frage, wie referentielle Ausdrücke in der logischen Form repräsentiert werden.²³ Die anderen Teilbereiche werden dagegen nur am Rande thematisiert.²⁴

Anforderungen an die semantische Repräsentation

Im wesentlichen beschäftigt sich die semantische Repräsentation damit, einen geeigneten Repräsentationsformalismus zu konstruieren. Dabei können zwei Aspekte unterschieden werden: zum einen muß der Formalismus dadurch motiviert werden, daß gezeigt wird, daß bestimmten natürlichsprachlichen Texten bestimmte logische Formen des Formalismus zuzuordnen sind. Da es hierbei nicht so sehr um die Algorithmisierung der Zuordnung (die Desambiguierung), sondern um die Zuordnung selbst geht, werde ich hier von der *Interpretation* von Texten sprechen. Zum anderen geht es darum, den Formalismus semantisch zu algorithmisieren. Aus dieser Aufgabenstellung ergeben sich drei Kriterien anhand derer Vorschläge zur semantischen Repräsentation überprüft werden können.

Semantische Adäquatheit: Zunächst soll die logische Form die intuitive Bedeutung der repräsentierten Texte widerspiegeln. Das heißt, Desambiguierung und semantische Repräsentation müssen so konstruiert werden, daß *semantische Adäquatheit* vorliegt:

$$LF(t_1) \models LF(t_2) \quad \text{gdw} \quad t_2 \text{ paraphrasiert } t_1$$

Wenn also ein natürlichsprachlicher Text t_2 einen anderen natürlichsprachlichen Text t_1 paraphrasiert, dann und nur dann soll auch die logische Form von t_2 aus der logischen Form von t_1 folgen.

²²In der Literatur wird hierfür auch häufig die Bezeichnung *lexikalische* Desambiguierung verwendet.

²³Die Verbindung zwischen anaphorischen Bezügen und referentieller Repräsentation ergibt sich im nächsten Kapitel.

²⁴Zum Zusammenspiel zwischen referentieller und konzeptueller Desambiguierung vergleiche etwa [Hauenschild 91].

Dieses Kriterium der semantischen Adäquatheit bezieht sich nun aber auf Desambiguierung und semantische Repräsentation zusammen. Betrachtet man nur die semantische Repräsentation alleine, kann man lediglich von der semantischen Adäquatheit der Interpretation sprechen. Insofern können durch dieses Kriterium nur Interpretationsbeispiele auf ihre Adäquatheit hin untersucht werden. Ausgehend von den hierbei gewonnenen Ergebnissen kann aber zumeist auch der Repräsentationsformalismus selbst beurteilt werden.

Bezüglich der semantischen Adäquatheit kann nun noch weiter zwischen der *semantischen Vollständigkeit* und der *semantischen Korrektheit* unterschieden werden.²⁵ Semantische Vollständigkeit liegt vor, wenn aus der logischen Form eines Textes t_1 alle logischen Formen von Texten folgen, die t_1 paraphrasieren. Um semantische Vollständigkeit zu erreichen, muß ein Repräsentationsformalismus also alle semantischen Aspekte eines Textes erfassen. Für die semantische Korrektheit reicht es aus, wenn alle logischen Formen, die aus der logischen Form eines Textes folgen, logische Formen von Paraphrasen dieses Textes sind.²⁶

Semantische Algorithmisierbarkeit: Die zwischen logischen Formen geltende Folgerungsbeziehung muß algorithmisch berechenbar sein. Bei einer strengen, anwendungsorientierten Interpretation heißt dies, daß die Folgerung im Repräsentationsformalismus polynomiell entscheidbar sein muß.²⁷ Da jedoch Folgerung in der Aussagenlogik bereits NP-vollständig und in der Prädikatenlogik sogar unentscheidbar ist, kann ein Formalismus zur semantischen Repräsentation natürlicher Sprachen dieser strengen Anforderung wahrscheinlich nicht gerecht werden. Es gibt nun zwei Ausweichmöglichkeiten: zum einen kann die Forderung nach einem polynomiellen Algorithmus fallengelassen werden, zum anderen können unvollständige Algorithmen akzeptiert werden, die die sogenannten "Normalfälle" in akzeptabler Zeit berechnen (siehe Abschnitt 5.1).

Strukturelle Adäquatheit: Bei der strukturellen Adäquatheit geht es um die interne Struktur der logischen Formen, die aus drei Gründen von Interesse ist. Zunächst einmal beeinflußt sie die semantische Algorithmi-

²⁵Diese Aspekte entsprechen der oben angesprochenen Vollständigkeit und Korrektheit von Regelsystemen.

²⁶Daß erst beide Aspekte zusammen semantische Adäquatheit ausmachen, ergibt sich aus der Tatsache, daß ein Algorithmus, der jede beliebige Kombination von Texten als Paraphrase einstuft, trivialerweise semantisch vollständig, aber natürlich nicht semantisch korrekt ist.

²⁷Eine Einführung in die Komplexitätstheorie findet sich beispielweise in [Garey, Johnson 79].

sierbarkeit. Darüberhinaus sind zwei Aspekte für die Desambiguierung relevant: Zum einen können natürlichsprachliche Sätze leichter in solche logische Formen überführt werden, deren interne Struktur der Struktur der natürlichsprachlichen Sätze entspricht. Zum anderen muß bei der Desambiguierung auf die logischen Formen vorangegangener Sätze zurückgegriffen werden. Dabei ist es wichtig, daß die für die Desambiguierung notwendige Information effizient aus der logischen Form extrahiert werden kann.

Gliederung der Arbeit

In Kapitel 2 motiviere ich zunächst meine Definition anaphorischer Bezüge und führe eine Unterscheidung zwischen Identitäts-, Substitutions-, Kontiguitäts-, und Bindungsanaphern ein. Daran anschließend gebe ich einen kurzen Überblick über die historische Entwicklung der Anaphernforschung, der unter anderem dazu dient, Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu meiner eigenen Position aufzuzeigen. Abschließend werden noch die spezifischen Probleme erwähnt, die sich bei der maschinellen Verarbeitung anaphorischer Bezüge ergeben. Kapitel 3 stellt dann eine Klassifikation verschiedener Anapherntypen vor, wobei sich zeigt, daß in der Literatur sehr unterschiedliche Kriterien zur Klassifikation verwendet werden. Die einzelnen Anapherntypen werden anhand von Beispielsätzen illustriert, wobei ich im wesentlichen Beispiele des Deutschen verwende und an einigen Stellen auf Besonderheiten des Englischen und des Französischen verweise. Nach diesen eher deskriptiven Untersuchungen beschäftigt sich Kapitel 4 mit der Behandlung anaphorischer Bezüge in Semantikformalisten. Dabei wird es vor allem darum gehen, die Unterschiede und die Gemeinsamkeiten der in der Literatur gemachten Vorschläge herauszuarbeiten und anhand der oben entwickelten Anforderungskriterien an die semantische Repräsentation eine Bewertung vorzunehmen. In Kapitel 5 untersuche ich den terminologischen Repräsentationsformalismus BACK auf seine Tauglichkeit für die semantische Repräsentation anaphorischer Bezüge. Sein wesentlicher Vorteil gegenüber den Formalisten der logisch-linguistischen Semantik besteht in der strukturellen Adäquatheit und in der semantischen Algorithmisierbarkeit, die eine wirkungsvolle Unterstützung der Desambiguierung ermöglichen. Kapitel 6 faßt die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und gibt einen Überblick über offene Fragestellungen.

Kapitel 2

Terminologie und Problematik

In diesem Kapitel erläutere ich zunächst die Terminologie, die ich zur Beschreibung anaphorischer Bezüge verwenden werde. Da anaphorische Bezüge in der Literatur sehr unterschiedlich definiert und analysiert werden, gebe ich anschließend einen kurzen historischen Überblick über die Entwicklung des Anaphernbegriffs (2.2). Dieser Überblick dient zum einen dazu, mein eigenes Verständnis anaphorischer Bezüge durch Vergleich mit anderen Arbeiten genauer zu bestimmen. Darüberhinaus werden aber auch die grundlegenden Probleme anaphorischer Bezüge und die jeweiligen Lösungsstrategien angedeutet. Die spezifischen Probleme, die sich für die Sprachverarbeitung ergeben, erläutere ich dann in Abschnitt 2.3.

2.1 Terminologie

In der Literatur finden sich sehr unterschiedliche Versuche, anaphorische Bezüge zu definieren. Anstelle einer Definition werden häufig sogar nur prototypische Beispielsätze wie der folgende angeführt:¹

(20) Hans kam spät nach Hause, und er war sehr müde.

Für einen solchen Beispielsatz wird dann gesagt, die pronominale Anapher **er** beziehe sich anaphorisch auf sein *Antezedens* **Hans**. Vom Standpunkt der semantischen Algorithmisierung sind hierbei zwei Punkte relevant: erstens muß die referentielle Desambiguierung zur Bestimmung des Anaphernreferenten auf den Antezedensreferenten zurückgreifen; zweitens wird bei der referentiellen Repräsentation derselbe Diskursreferent für die Ausdrücke **Hans** und **er** verwendet. Man sagt in einem solchen Fall, daß die Ausdrücke **Hans** und

¹Ich markiere die in den Beispielsätzen relevanten Anaphern durch Unterstreichen.

er *koreferent* sind. Ausgehend von diesen Überlegungen werde ich im folgenden untersuchen, welche Eigenschaften des angegebenen Beispielsatzes für anaphorische Bezüge charakteristisch sind.

Betrachten wird zunächst den folgenden Beispieltext:

- (21) Gegen 15.30 Uhr betraten ein Mann und eine Frau die Schalterhalle der Sparkassenfiliale am Rathausplatz. Der Mann war etwa 1.80 Meter groß und hatte schulterlange, braune Haare.

Zur referentiellen Desambiguierung des Ausdrucks **der Mann** muß auch hier auf den Diskursreferenten des koreferenten Ausdrucks **ein Mann** im vorangegangenen Satz zurückgegriffen werden. Dies ist für mich Grund genug, **der Mann** als Anapher und **ein Mann** als Antezedens zu bezeichnen. Es gehört also nicht zu den charakteristischen Eigenschaften anaphorischer Bezüge, daß Anapher und Antezedens im gleichen Satz stehen oder daß ein Pronomen als Anapher fungiert.

Die bis jetzt betrachteten anaphorischen Bezüge, bei denen Anapher und Antezedens denselben Diskursreferenten haben, nenne ich *Identitätsanaphern*. Die folgenden Beispiele werden zeigen, daß es auch anaphorische Bezüge gibt, bei denen keine Koreferenz vorliegt.

- (22) Hans muß seinen Manta in die Werkstatt bringen, weil der Anlasser kaputt ist.

Im Unterschied zu den bisherigen Sätzen gibt es in diesem Satz keinen Ausdruck der mit dem Ausdruck **der Anlasser** koreferent ist. Aber in Analogie zur bisherigen Argumentation kann man sagen, daß bei der referentiellen Desambiguierung des Ausdrucks **der Anlasser** auf den Ausdruck **sein Manta** zurückgegriffen werden muß. Und bei der referentiellen Repräsentation muß berücksichtigt werden, daß der Diskursreferent von **der Anlasser** ein Teil des Diskursreferenten von **sein Manta** ist. Anstatt Koreferenz als charakteristische Eigenschaft anaphorischer Bezüge zu betrachten, scheint es also sinnvoller zu sagen, daß in der referentiellen Desambiguierung der Referent der Anapher vom Referenten des Antezedens abhängig ist. Anaphorische Bezüge, bei denen wie im obigen Beispiel eine bestimmte Beziehung zwischen Antezedens- und Anaphernreferent besteht, bezeichne ich in Anlehnung an [Harweg 68, S. 192] als *Kontiguitätsanaphern*.

Neben den beiden bis jetzt eingeführten Anapherntypen gibt es aber noch weitere. Bisher hatten wir gesagt, daß der Anaphernreferent vom Antezedensreferenten abhängt und daß zwischen beiden eine direkte Beziehung besteht. Beide Charakteristika treffen auf die folgenden Beispielsätze nicht zu:

- (23) Hans hat einen roten Pullover gekauft und Inge einen gelben \emptyset .²

²Die Verwendung des Null-Elements \emptyset wird auf Seite 32 motiviert.

(24) Hans brachte sein erstes Gehalt zur Bank und Ingo verlor es im Spielcasino.

Ebenso wie in den anderen Beispielen können auch hier die Ausdrücke *ein gelber Ø* und *es* nur dadurch referentiell desambiguiert werden, daß auf andere Ausdrücke, nämlich *ein roter Pullover* beziehungsweise *sein erstes Gehalt*, zurückgegriffen wird. Im Unterschied zu den Kontiguitätsanaphern liegt hier allerdings keine direkte Beziehung zwischen Antezedens- und Anaphernreferent vor. Die Beziehung zwischen den Diskursreferenten ist vielmehr indirekt: sie sind beide Elemente eines Bedeutungsbestandteils des Antezedens (in Satz 23 *Pullover* und in Satz 24 *erstes Gehalt*). Da in diesen Sätzen der anaphorische Bezug dadurch beseitigt werden kann, daß die Anapher durch den Antezedensausdruck oder einen Teilausdruck ersetzt wird, nenne ich diese anaphorischen Bezüge *Substitutionsanaphern*.

Eine vierte Klasse anaphorischer Bezüge zeichnet sich dadurch aus, daß als Antezedens kein referierender Ausdruck, sondern ein *quantifizierender Ausdruck* verwendet wird:

(25) Jeder Diskussionsteilnehmer war von der Richtigkeit seiner Meinung überzeugt.

Auch hier liegt wieder das Charakteristikum anaphorischer Bezüge vor, daß zur referentiellen Desambiguierung des Ausdrucks *sein* auf den Antezedensausdruck *jeder Diskussionsteilnehmer* zurückgegriffen werden muß. Diese Art anaphorischer Bezüge nenne ich *Bindungsanaphern*.

Nach diesen Überlegungen scheint mir die folgende Definition anaphorischer Bezüge für einen an der semantischen Algorithmisierung orientierten Standpunkt adäquat:³

Ein Ausdruck (die *Anapher*), bezieht sich anaphorisch auf einen anderen Ausdruck (das *Antezedens*), wenn bei der referentiellen Desambiguierung der Anapher auf den Referenten oder die Bedeutung des Antezedens zurückgegriffen werden muß.

Bevor ich im nächsten Abschnitt einen kurzen Überblick über die historische Entwicklung des Anaphernbegriffs gebe, möchte ich noch einige Konsequenzen erwähnen, die sich aus der bisherigen Argumentation ergeben. Zunächst ist festzustellen, daß jede Anapher ein Antezedens besitzt.⁴ In [Yule 83] wird dagegen argumentiert, daß es anaphorische Pronomen gibt,

³Eine ähnliche Definition findet sich bei Lust, die als Kriterium angibt: “the interpretation of the anaphor is in some way determined by the interpretation of the antecedent” [Lust 86a, S. 9].

⁴Dies entspricht auch der Definition in [Hauenschild 84, S. 137], wonach ein Ausdruck anaphorisch ist, “wenn er ein Antezedens im Text hat”.

die kein Antezedens haben. Da Yule aber nur koreferente Ausdrücke als Antezedens zuläßt, liegt hier nur ein scheinbarer Widerspruch vor.

Problematischer ist dagegen, daß nach meiner Definition jede Anapher einen Referenten hat. Insbesondere für Bindungsanaphern ist diese Auffassung nicht unumstritten, wie sich in Kapitel 4 zeigen wird. Aber auch bei Substitutionsanaphern führt die referentielle Sicht auf Anaphern zu Problemen, die sich aus dem Zusammenspiel von struktureller und referentieller Desambiguierung ergeben. So kann beispielsweise die Zuordnung von Appositionen und Relativsätzen zu Nominalphrasen in der strukturellen Desambiguierung vorgenommen werden. Dann sind gemäß meiner Definition beide Konstrukte keine anaphorischen Bezüge. Oder Appositionen und Relativpronomen werden als referierende Ausdrücke betrachtet, deren Referenten in der referentiellen Desambiguierung bestimmt werden. Dann sind sie auch Anaphern. Ähnliche Probleme ergeben sich bei Konstruktionen, die Koordination oder Komparative enthalten.⁵ Für den Kontext der vorliegenden Untersuchung halte ich die obige Definition aber für angemessen, selbst wenn es einen Grenzbereich gibt, in dem die Frage, ob ein anaphorischer Bezug vorliegt oder nicht, nicht eindeutig beantwortet werden kann. Erst wenn das Zusammenspiel von struktureller, konzeptueller und referentieller Desambiguierung genauer charakterisiert wird (und dies ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich) kann sich eine angemessenere Definition ergeben.

Des Weiteren ist zu bemerken, daß meiner Argumentation eine bestimmte Auffassung der *anaphorischen Referenz* zugrundeliegt. In [Lyons 77^D, S. 269f] wird darauf verwiesen, daß anaphorische Referenz so verstanden werden kann, daß die Anapher auf das Antezedens referiert. Der Diskursreferent der Anapher wäre in diesem Fall also der Antezedensausdruck selbst. Im Gegensatz dazu interpretiere ich anaphorische Referenz so, daß Anaphern nicht einen speziellen sprachlichen Referenzbereich haben, sondern denselben Referenzbereich wie andere Ausdrücke.⁶ Der Unterschied zwischen Anaphern und anderen referierenden Ausdrücke besteht nicht in ihrem jeweiligen Referenzbereich, sondern in der Art der Information, die zur referentiellen Desambiguierung der jeweiligen Ausdrücke verwendet wird:

- Für anaphorische Ausdrücke ist die zur Desambiguierung notwendige Information im Text, nämlich im Antezedens enthalten.
- Für deiktische Ausdrücke ist die zur Desambiguierung notwendige Information nicht im Text, sondern in den nicht-sprachlichen Bestandteilen der Äußerungssituation enthalten.

⁵Vergleiche hierzu auch die Behandlung von Verbalphrasen in Abschnitt 3.3.

⁶Auch Lyons bevorzugt diese Interpretation der anaphorischen Referenz.

- Für individuierende Ausdrücke ist keine Desambiguierung notwendig, weil die Bedeutung des Ausdrucks nur einen einzigen Diskursreferenten enthält (z.B. **der erste Mann auf dem Mond**).

In der logischen Form verschwinden diese Unterschiede, da hier allen referierenden Ausdrücken ein Diskursreferent zugeordnet wird.

Abschließend noch eine kurze Anmerkung zur Unterscheidung zwischen anaphorischen und kataphorischen Bezügen: bei kataphorischen Bezügen steht die Katapher textuell vor dem Ausdruck, auf den sie sich bezieht. Ich werde im folgenden keine terminologische Unterscheidung vornehmen, sondern allgemein von anaphorischen Bezügen sprechen. Kataphorische Bezüge führen in der heutigen maschinellen Sprachverarbeitung nur dann zu besonderen Problemen, wenn sie satzübergreifend sind [Hauenschild 84, S. 138].

2.2 Ein historischer Überblick

In diesem Abschnitt gebe ich einen kurzen Überblick über die Entwicklung des Anaphernbegriffs von der antiken Grammatik bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. Dabei orientiere ich mich im wesentlichen an den Darstellungen in [Robins 67], [Bosch 83, Kap. 1] und in [Blanche-Benveniste et al. 84, Kap. 4]. Dieser Abriß soll verdeutlichen, welche unterschiedlichen Auffassungen über anaphorische Bezüge vertreten wurden und wie jeweils die Beziehung zu den Pronomen gesehen wurde.

Grammatiktheorien vor dem 20. Jahrhundert

In den Grammatiktheorien vor dem 20. Jahrhundert sind die folgenden Fragestellungen für die Anaphernproblematik relevant:

1. Aufgrund welcher Kriterien wird die Wortklasse der Pronomen definiert?⁷
2. Welcher Unterschied besteht zwischen Deixis und anaphorischen Bezügen?
3. Welche Funktionen erfüllen Pronomen und Anaphern?

Wortklassen: Plato wird die erste Einteilung von Satzkomponenten zugeschrieben: die Unterscheidung zwischen *onoma* (nominale Komponente) und *rhema* (verbale Komponente). Aristoteles fügte eine dritte Komponente

⁷Wenn die Wortklasse der Pronomen über deren anaphorische Verwendungsweise definiert wird, erfolgt eine Gleichsetzung von Pronomen und Anaphern.

hinzu, die *syndesmoi* (Konjunktionen, Präpositionen, Artikel und Pronomen). Diese dritte Klasse wurde dann von den Stoikern und anderen Grammatikschulen aufgrund unterschiedlicher Kriterien in weitere Unterklassen aufgeteilt.

Die Stoiker unterschieden zwischen den flektierten und unflektierten Formen der aristotelischen *syndesmoi*. Die flektierten Formen, also Artikel und Pronomen, wurden als *arthra* bezeichnet, während für die unflektierten Formen (Konjunktionen und Präpositionen) die Bezeichnung *syndesmoi* übernommen wurde. Die Zusammenfassung von Artikeln und Pronomen in einer Klasse wurde von den Stoikern unter anderem damit begründet, daß Pronomen anaphorisch verwendet werden und auch Artikel anaphorische Beziehungen andeuten. Außerdem werde häufig der Artikel für Pronomen substituiert [Schmidt 79, S. 63f].

Dionysius Thrax erweiterte diese Einteilung auf vier Klassen: ein *arthron* (Artikel) ist eine flektierte Form, die vor oder hinter (Relativpronomen) einem Nomen steht; ein *antonymia* ist eine Form, die ein Nomen ersetzen kann und in einer bestimmten Person steht; ein *prothesis* (Präposition) ist eine Form die vor anderen Worten steht; ein *syndesmos* (Konjunktion) ist eine Form, die Textteile verbindet.

Diese Einteilung wurde von Apollonius Dyskolus übernommen, der den einzelnen Wortklassen darüberhinaus bestimmte Bedeutungsklassen zuordnete: während Nomen eine *substantia(m) cum qualitate* bezeichnen, bezeichnen Pronomen eine reine Substanz, eine *substantia(m) sine qualitate*.⁸ Priscian übernimmt diese Auffassung in seiner Grammatik des Lateinischen und auch im Mittelalter wird sie noch häufig vertreten, was dazu führt, daß die Relativ- und Interrogativpronomen des Lateinischen (*quis, qui, talis, qualis*) nicht als Pronomen klassifiziert werden, weil sie eine *substantia(m) cum qualitate* bezeichnen:

Ils ne remplacent aucun nom propre, ne renvoient à aucun individu défini et, si général qu' elle soit, on peut dire qu' une qualité caractérise la substance évoquée (la notion même de qualité précisément pour des mots comme *talis* ou *qualis*). [Blanche-Benveniste et al. 84, S. 213]

Aufgrund der engen Verbindung zwischen Grammatik und Logik wird im Mittelalter die 'significatio generalis' beziehungsweise der 'modus significandi' zum entscheidenden Kriterium der Wortklassen:

Das Verbum 'esse' wird auf vielerlei Weise ausgesagt. Diese verschiedenen modi essendi konstituieren die Kategorien des Seins.

⁸Übertragen auf die in Abschnitt 2.1 eingeführte Terminologie würde dies bedeuten, daß die Bedeutung eines Pronomens alle Diskursreferenten umfaßt.

Jede Sache wird von ihrem Wesen und ihrem *modus essendi*, d.h. der Weise, auf die sie ihr Wesen hat, konstituiert. In derselben Weise ist jedes Wort aus einer Bedeutung und einem *modus significandi* konstituiert; beide Elemente entsprechen der Konstitution des Seins. (...)

Jede Sache gehört durch eine bestimmte "Eigenschaft" (*proprietas*) einer Kategorie an. In derselben Weise gehört jedes Wort durch eine *proprietas* in eine bestimmte Wortklasse. (...) Eine Wortklasse umfaßt alle Wörter, die eine bestimmte *proprietas* haben oder vielleicht richtiger bezeichnen (denn das Wort kann ja nur aus seiner Zeichenfunktion verstanden werden). Neben dem *significatum speciale* (die Sache, die das Wort verstehen läßt) hat jedes Wort also ein *significatum generale*, das eine allgemeine *proprietas* bezeichnet und deshalb die Zugehörigkeit des Wortes zu einer Wortklasse bestimmt. (...)

Zwischen diesen beiden Aspekten, der formalen "Modus"-Betrachtung und der materialen "Proprietas"-Betrachtung schildert die ganze mittelalterliche semantische Theorie. [Pinborg 67, S. 40]

Während im Mittelalter allerdings kein Widerspruch zwischen Modus- und Proprietas-Ansatz gesehen wurde, tritt dieser in der Renaissance hervor:

Avec Scaliger et Sanctius s'opposaient deux conceptions de la langue: le premier, fidèle à la tradition modiste et mentaliste voit dans le nom et le pronom deux manières différentes de signifier, la première à l'aide de la signification propre du nom peut référer à ce qui y correspond, la seconde réfère directement, sans l'intermédiaire de cette signification, par deixis ou anaphore, en montrant ou en rappelant ce qui a été précédemment nommé. Le second, pour qui le signe linguistique est arbitraire dans la mesure où il n'est pas le même en toutes les langues, mais en chacune motivé (conception qui sera celle du génétisme du 18e s.) met directement en rapport les parties du discours avec ce qu'elles désignent: noms et pronoms référant aux mêmes objets, constituent une seule et même classe. [Blanche-Benveniste et al. 84, S. 226f.]

Vom Standpunkt des Modus unterscheiden sich Pronomen und Nomen, da erstere ihren Referenten direkt (oder vermittelt über den Antezedens) bezeichnen, während letztere über ihre Bedeutung referieren. Vom Standpunkt

der Proprietas unterscheiden sie sich nicht, da beide die gleichen Diskursreferenten bezeichnen. Ähnlich wird auch in der Logik von Port Royal argumentiert:

Die Nomina offenbaren auf gewisse Weise dem Geist die Dinge; die Pronomina stellen sie als verschleierte vor, obgleich der Geist trotzdem fühlt, daß es das gleiche wie durch die Nomina bezeichnete Ding ist. [Arnauld 1685^D, S. 96]

In der Verschleierung der Darstellungsweise ist noch die substantia sine qualitate zu erkennen, die bis ins Mittelalter als Charakteristikum der Pronomen angesehen wurde. In meiner Terminologie stellt sich die Entwicklung nach dem Mittelalter als eine zunehmende Fixierung auf den Referenten dar, während die Bedeutung in den Hintergrund tritt.

In der Literatur werden somit drei Eigenschaften als charakteristisch für die Klasse der Pronomen angesehen:

1. Sie sind flektierbar.
2. Sie ersetzen/stehen für Nomen.
3. Sie bezeichnen eine qualitätslose Substanz/haben keinen semantischen Gehalt.

In den einzelnen Klassifikationen können dabei unterschiedliche Kriterien in den Vordergrund treten, wobei eine Betonung des zweiten Kriteriums die enge Verbindung zu anaphorischen Bezügen hervorhebt. Das dritte Kriterium werde ich in dieser Arbeit nicht übernehmen, da Pro-Formen im allgemeinen (z.B. *dort* versus *dann*) und auch Pronomen im besonderen (z.B. *er* versus *sie*) spezifische Bedeutungen zugeordnet werden können.⁹

Anaphorischer Bezug und Deixis: Apollonius unterscheidet zwischen deiktischer und anaphorischer Verwendung von Pronomen. Deiktische Verwendung liegt nach Apollonius vor, wenn der Referent des Pronomens noch unbekannt ist, anaphorische Verwendung, wenn es bereits bekannt ist.¹⁰ Die Unterscheidung zwischen Deixis und anaphorischem Bezug wird von Apollonius innerhalb der Wortklasse der *antonymiai* getroffen und nicht als Klassifikationskriterium verwendet. Hier liegt ein wesentlicher Unterschied zu den Stoikern, die Pronomen und Artikel aufgrund ihrer anaphorischen Funktion als *arthra* klassifizierten:

⁹In [Sugamoto 89] wird anhand des Japanischen detailliert nachgewiesen, daß Pronomen semantische Eigenschaften zugeordnet werden können. Statt einer strikten Trennung zwischen Nomen und Pronomen wird dort ein Nomen-Pronomen Kontinuum vorgeschlagen.

¹⁰Diese Unterscheidung entspricht nicht meiner oben eingeführten Terminologie.

Da sie [die Stoiker, JQ] also eine Unterscheidung machen, ist es doch besser, das eine ‘Artikel’ zu nennen, weil es immer mit einem Kasusträger zusammensteht, das andere ‘Pronomen’, weil es für ein Nomen substituiert wird. (Apollonius zitiert nach [Schmidt 79, S. 65])

Im 17. Jahrhundert wird dann Anaphorizität wieder als Klassifikationskriterium verwendet, das sogar wichtiger wird als Flektierbarkeit. So bezeichnet etwa Condillac *en* und *y* als die wahren Pronomen, weil sie nur anaphorisch gebraucht werden, während Personalpronomen auch deiktisch verwendet werden können.

Funktion anaphorischer Bezüge: Die Existenzberechtigung der Pronomen, denen lediglich eine Stellvertreterfunktion für Nomen zugebilligt wird, wird zumeist stilistisch begründet:

Les pronoms ont été inventés pour la douceur du langage et pour éviter la repetition. (Leven de Templeri zitiert nach [Blanche-Benveniste et al. 84, S. 230])

Wilhelm von Ockham unterscheidet beispielsweise zwischen schriftlichem, oralem und mentalem Diskurs und gelangt zu der Feststellung, daß die Pronomen für den mentalen Diskurs nicht notwendig sind. Es ließe sich dann auch ein pronomenfreier Repräsentationsformalismus denken, in dem anaphorische Bezüge durch Verwendung von Diskursreferenten oder durch Substitution des Antezedens direkt repräsentiert werden (siehe Abschnitt 2.3).

Grammatiktheorien des 20. Jahrhunderts

In Abschnitt 2.1 hatte ich zwei Theorien anaphorischer Referenz unterschieden: die eine sieht als Diskursreferent der Anapher das Antezedens, die andere einen Diskursreferenten. Im folgenden skizziere ich die Positionen von Bühler, Bloomfield und Harweg, sowie die Behandlung anaphorischer Bezüge in der Transformationsgrammatik. Es wird sich dabei zeigen, daß nicht immer offensichtlich ist, welcher Standpunkt hinsichtlich der anaphorischen Referenz vertreten wird. Dies liegt unter anderem daran, daß nur schwer auszumachen ist, was die einzelnen Autoren unter Ausdrücken wie *referieren*, *substitutieren*, *denotieren*, etc. genau verstehen.¹¹

¹¹Ich habe daher auch nicht herausfinden können, ob Bosch die Opposition, die er zwischen Dionysius und Bloomfield auf der einen und Apollonius und Bühler auf der anderen Seite aufbaut, auf unterschiedliche Standpunkte zur anaphorischen Referenz zurückführt oder nicht (vgl. [Bosch 83, S. 12f].

Bühler: Bühler faßt Pronomen als einen Sonderfall der Zeigwörter¹² auf. Er unterscheidet dabei drei Verwendungsformen der Zeigwörter: die demonstratio ad oculos (also die normale Deixis), die Anaphora und die Deixis am Phantasma (Zeigen in den Bereich der Erinnerung oder der Phantasie). Die Anaphora unterscheidet sich von den anderen beiden Formen im wesentlichen dadurch, daß bei ihr “der werdende Kontext einer Rede selbst zum Zeigfeld erhoben wird (...). Die zwei Felder: (sachliches) Zeigfeld und Symbolfeld der Sprache werden also durch ein drittes (wenn man so will) zusammengeschlossen, nämlich durch das kontextliche Zeigfeld.” [Bühler 34, S. 124]. Dieses Zitat deutet daraufhin, daß Bühler anaphorische Referenz als Referenz auf das Antezedens verstanden wissen will. Während bei einer deiktischen Verwendung auf ein Ding der Welt referiert wird, referiert die anaphorische Verwendung auf ein sprachliches Konstrukt:

Was die anaphorischen Pfeile direkt treffen, sind nicht die Dinge, von denen die Rede ist, sondern es sind entweder die sprachlichen Fassungen dieser Dinge, also Sätze oder Satzteile (...). Oder es sind doch die Dinge, aber so wie sie gefaßt sind. [Bühler 34, S. 390]

Anaphorischer Bezug und Deixis unterscheiden sich nach Bühler also durch ihren Referenzbereich und nicht dadurch, daß sie auf etwas Bekanntes oder Unbekanntes verweisen, wie Apollonius behauptet hatte [Bühler 34, S. 386f]. Bühlers Unterscheidung vermag aber letztendlich nicht zu überzeugen: zum einen räumt das obige Zitat ein, daß auch Anaphern auf Dinge referieren können, zum anderen ist nicht einzusehen, warum nicht auch deiktisch auf sprachliche Einheiten referiert werden kann. Bühler führt den Satz *Dies ist wahr* als Beispiel für eine anaphorische Referenz an, da hier nicht auf ein Ding, sondern auf “eine eben ausgesprochene Behauptung, ein Stück der Rede selbst” [Bühler 34, S. 388] verwiesen werde. Dieser Satz kann aber durchaus deiktisch verwendet werden, wenn er durch eine geeignete Zeigege-
ste begleitet wird.

Bloomfield: Bloomfields Definition der Substitution bildet den Grundstein für die substitutionsorientierte Interpretation anaphorischer Bezüge:

A substitute is a linguistic form or grammatical feature which, under certain conventional circumstances, replaces any one of a class of linguistic forms. [Bloomfield 33, S. 247]

¹²Bühler unterscheidet zwischen Nennwörtern und Zeigwörtern, die er als “eine eigene Klasse von Signalen, nämlich Rezeptionssignale” definiert [Bühler 34, S. 107].

Die Bedeutung der Substitute setzt sich nach Bloomfield aus zwei Komponenten zusammen: zum einen aus der Klassenbedeutung der Formklasse, die als Domäne des Substituts fungiert. Zum anderen aus dem Substitutionstyp, der die konventionellen Aspekte der Substitution umfaßt. Im Substitutionstyp wird beispielsweise die Unterscheidung zwischen anaphorischen und unabhängigen Substituten berücksichtigt. Letztere sind dadurch gekennzeichnet, daß im vorangegangenen Text kein Antezedens vorhanden ist, für das sie eingesetzt wurden.¹³

Bloomfields starke Betonung der Formklasse, die einem Substitut zugeordnet werden kann, führt zu der Charakterisierung der Substitute als sekundäre Formen:

In their class-meaning, substitutes are one step farther removed than ordinary forms from practical reality, since *they designate not real objects but grammatical form-classes*; substitutes are so to speak linguistic forms of the second degree. [Bloomfield 33, S. 250] (Hervorhebung JQ)

Dieses Zitat deutet zunächst daraufhin, daß Bloomfield das Antezedens als Referent der Anapher ansieht. Eine Seite weiter schreibt er aber über den Substitutionstyp:

He implies (...), that a substantive designating a species of male personal objects has recently been uttered and that *he* means one individual of this species. [Bloomfield 33, S. 251]

Demnach referiert das Pronomen **he** nicht auf das Antezedens, sondern auf einen Diskursreferenten. Die Zweideutigkeit entsteht meines Erachtens durch die Unterscheidung Bloomfields zwischen Klassenbedeutung und Substitutionstyp, deren fehlende Vermittlung auch von Harweg kritisiert wird (siehe unten), sowie einer fehlenden Trennung zwischen Referenz und Bedeutung.

Bosch faßt die Bloomfieldsche Position folgendermaßen zusammen:

So we might in fact picture Bloomfield's views more reasonably by assuming some kind of "first language" which is directly related to the world or to "practical reality" and which contains itself no substitutes. Ordinary natural languages then may be regarded as translations from such a first language, with the one major difference that they do use substitutes. [Bosch 83, S. 15f]

Diese primäre Sprache entspricht der mentalen Sprache Ockhams und einem referentiell eindeutigen Repräsentationsformalismus.

¹³Die unabhängigen Substitute umfassen zum einen deiktisch verwendete Pronomen, zum anderen aber auch nicht-referierende Pronomen wie **es** in **es regnet**.

Harwegs syntagmatische Substitution: Harweg verwendet einen gegenüber Bloomfield verfeinerten Substitutionsbegriff, da Bloomfields Unterscheidung zwischen Klassenbedeutung und Substitutionstyp “sowohl eine Inbeziehungsetzung der beiden Bedeutungskomponenten als auch eine eindeutige Erklärung der mit ‘substitution type’ bezeichneten Bedeutungskomponente” vermissen läßt [Harweg 68, S. 21]. So sei bei Bloomfield der Übergang von der Speziesnennung durch das Antezedens (bei Harweg Substituendum) zur Nennung eines identifizierbaren Individuums durch die Anapher (bei Harweg Substituens) notwendigerweise ungeklärt. Dies liegt aber daran, daß Bloomfield übersieht, daß bereits das Antezedens einen Referenten besitzt und nicht nur eine Klassenbedeutung, aus der die Anapher den Referenten individuiert. Da Harweg darüberhinaus die Referenzidentität von Substituendum und Substituens als Charakteristikum der syntagmatischen Substitution ansieht, ist für ihn eine Individualisierung gar nicht notwendig:¹⁴

Allgemein gilt somit, daß der Nenn- oder Bezeichnungsumfang des syntagmatischen Substituens *er* (...) jeweils identisch ist mit dem Nenn- oder Bezeichnungsumfang des Substituendums, auf das es sich bezieht. [Harweg 68, S. 22]

Aus diesen Grundüberlegungen ergibt sich auch Harwegs Kritik an der Klassenbedeutung der Substitute. Diese manifestiert sich nie in konkreten Texten, in denen der Bezeichnungsumfang durch das Substituendum vorgegeben ist, sondern ist ein Merkmal innerhalb des Sprachsystems, also beispielsweise im Lexikon.

Harweg vertritt also sehr deutlich die These, wonach als Referent der Anapher nicht das Antezedens, sondern ein Diskursreferent (im Normalfall der Antezedensreferent) anzusehen ist.

Transformationsgrammatik: Nach Bosch kann die Behandlung der Pronominalisierung in der Transformationsgrammatik als Ausarbeitung des Bloomfieldschen Substitutionsansatzes gesehen werden. Die primäre Sprache, die frei von Substitutionen ist, findet sich hier als Tiefenstruktur realisiert, Substitute werden durch Transformationen eingeführt und erscheinen lediglich in der Oberflächenstruktur. Dabei sind jedoch zwei Einschränkungen gegenüber Bloomfield zu beachten:

1. Nur im Falle anaphorischer Substitute, also nicht bei unabhängigen Substituten, wird das Pronomen durch Transformationen erzeugt.

¹⁴Harweg betrachtet Kontiguitätssubstitutionen als Ausnahmen, die letztlich auf Referenzidentität zurückgeführt werden können.

2. Die Behandlung anaphorischer Pronomen klammert satzübergreifende Bezüge aus und bleibt somit satzintern.

Um eine substitutionsfreie Tiefenstruktur zu verwirklichen, werden in der Transformationsgrammatik und auch in der Rektions- und Bindungstheorie referentielle Indices verwendet:

Tragen zwei NP's den gleichen Index, so sind sie als koreferent zu interpretieren; tragen sie hingegen verschiedene Indices, so sprechen wir von disjunkter Referenz. [Fanselow, Felix 87, S. 94]

2.3 Problematik

Der historische Überblick in Abschnitt 2.2 hat für den Bereich anaphorischer Bezüge gemeinsame Fragestellungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Antworten ergeben. In diesem Abschnitt sollen mögliche Problemstellungen und Lösungsansätze noch einmal zusammengefaßt werden.

Zunächst hatte ich zwei Theorien der anaphorischen Referenz unterschieden: nach der einen referiert die Anapher auf das Antezedens, nach der anderen referieren Antezedens und Anapher auf denselben Referenten. Es hatte sich dann aber gezeigt, daß die in der Literatur vertretenen Positionen aufgrund ihrer jeweils spezifischen Terminologie nicht eindeutig einer der beiden Theorien zugeordnet werden können. Trotzdem scheint es mir methodologisch sinnvoll, zwischen einem *syntaktischen Ansatz der Substitution* und einem *semantischen Ansatz der Referenz* zu unterscheiden.¹⁵

Überspitzt formuliert geht der syntaktische Ansatz der Substitution davon aus, daß Anaphern aus stilistischen Gründen verwendet werden und daß sie durch Substitution des Antezedens eliminiert werden können. Zumeist wird eine modifizierte Version dieser extremen Position vertreten. So spricht Bloomfield etwa von bestimmten konventionellen Umständen, unter denen eine Substitution möglich ist.

Für eine semantische Algorithmisierung greift dieser Substitutionsansatz jedoch zu kurz. Angenommen Antezedens und Anapher haben denselben Referenten, dann kann dies in der logischen Form nicht dadurch repräsentiert werden, daß derselbe Ausdruck für das Antezedens und die Anapher verwendet wird, da Ausdrücke referentiell mehrdeutig sind. In der logischen Form repräsentieren daher anstelle der jeweiligen Ausdrücke die Diskursreferenten die jeweilige Referenz. Aus diesem Grund werden in der Transformationsgrammatik Nomen und Pronomen auch koindiziert. Die substitutionsfreie Repräsentationssprache, die Bosch der Transformationsgrammatik

¹⁵In Kapitel 4 werde ich neben diesen beiden Ansätzen noch *Bindungsansätze* untersuchen.

unterstellt, ist daher nicht einfach nur eine Sprache, in der keine Substitute vorkommen, sondern auch eine Sprache, in der (mittels Indizes) eindeutige Bezeichnungen verwendet werden, um referentielle Bezüge darzustellen.

Für den semantischen Ansatz steht nicht die sprachliche Ebene der Substitution im Vordergrund, sondern die referentielle Ebene. Die Repräsentationssprache ist gegenüber der natürlichen Sprache um Diskursreferenten erweitert, so daß referentielle Identität zwischen Anapher und Antezedens explizit repräsentiert werden kann. Damit wird aber unterstellt, daß alle Anaphern einen Referenten haben und daß dieser Referent in einem bestimmten Verhältnis zum Antezedensreferenten steht. Inwieweit diese Unterstellung für Substitutions- und Bindungsanaphern gerechtfertigt ist, wird sich in den nächsten Kapiteln zeigen.

Für die Sprachverarbeitung sind anaphorische Bezüge aus verschiedenen Gründen problematisch, wobei zwischen Problemen bei der Analyse und bei der Generierung unterschieden werden kann.¹⁶ Zum einen kann die *Korrektheit* von Anaphern untersucht werden. Für die Analyse ist dies insofern relevant, als unzulässige anaphorische Bezüge zurückgewiesen werden sollten. Noch wichtiger ist die Korrektheit aber für die Generierung, da hier entschieden werden muß, ob die Verwendung einer bestimmten Anapher zu ungrammatischen, abweichenden oder mehrdeutigen Sätzen führt. Bei der Analyse ergeben sich darüberhinaus drei Problemaspekte, die eng zusammenhängen. Zunächst einmal geht es um die *Erkennung* anaphorischer Bezüge, also um die Entscheidung, ob ein referierender Ausdruck anaphorisch, deiktisch oder individuierend verwendet wird. In einem nächsten Schritt muß der anaphorische Bezug aufgelöst werden. Unter der *Anaphernresolution* wird im folgenden die Bestimmung des Antezedens sowie des Verhältnisses von Antezedens und Anapher verstanden. Schließlich muß eine angemessene *Repräsentation* für Anapher und Antezedens gefunden werden. So muß zum einen die Repräsentation des Antezedens die Anaphernresolution in geeigneter Weise unterstützen, zum anderen muß die Repräsentation der Anapher das Verhältnis zum Antezedens berücksichtigen.

In der vorliegenden Arbeit steht das Repräsentationsproblem im Vordergrund, während Korrektheit und Erkennung nur am Rande behandelt werden. Der Zusammenhang zwischen Resolution und Repräsentation wird in Abschnitt 5.4 untersucht. Im nächsten Kapitel versuche ich zunächst eine Klassifikation der verschiedenen Anapherntypen, aus der sich weitere Anforderungen für die semantische Repräsentation ergeben.

¹⁶Bei der Analyse werden natürlichsprachliche Sätze in formale Repräsentationen überführt, bei der Generierung formale Repräsentationen in natürlichsprachliche Sätze.

Kapitel 3

Anaphernklassifikation

Die meisten Arbeiten über anaphorische Bezüge enthalten ein Kapitel, in dem die verschiedenen Anapherntypen aufgelistet und anhand einiger Beispielsätze illustriert werden. Bei einem Vergleich dieser Klassifikationsversuche fällt auf, daß sehr unterschiedliche Kriterien zur Einteilung herangezogen werden und daß sich daher auch sehr unterschiedliche Anapherntypen und Bezeichnungen ergeben. Dies wird bereits deutlich, wenn man einige der geläufigen Bezeichnungen betrachtet: So verweist etwa *Ereignisanapher* auf die ontologische Kategorie des Referenten, *Satzanapher* auf die syntaktische Kategorie des Antezedens, *Pronominalanapher* auf die Wortklasse der Anapher und *indirekte Anapher* auf die Beziehung zwischen Anapher und Antezedens.

In den meisten Darstellungen werden diese unterschiedlichen Aspekte nicht explizit getrennt. Die folgenden Abschnitte versuchen dagegen eine systematische Gliederung der in der Literatur verwendeten Kriterien. Es werden dabei vier Gruppen unterschieden:

- Lexikalische Realisierung der Anapher
- Ontologische Kategorie des Anaphernreferenten
- Syntaktische Kategorie der Anapher oder des Antezedens
- Beziehung zwischen Antezedens und Anapher

Welche Abhängigkeiten zwischen diesen Klassifikationskriterien bestehen und welche Relevanz sie für die Anaphernverarbeitung haben, untersuche ich dann in Abschnitt 3.5.

3.1 Lexikalische Realisierung der Anapher

Bei der Motivation meiner Anapherndefinition hatte ich Beispielsätze angeführt, die zeigen sollten, daß sehr unterschiedliche Ausdrücke als Anaphern auftreten können. Ich werde im folgenden drei Typen von Anaphernausdrücken unterscheiden, nämlich Pro-Formen, Null-Elemente und komplexe Ausdrücke, und in diesem Zusammenhang von der *lexikalischen Realisierung* der Anapher sprechen. Neben diesen drei allgemeinen Typen gibt es noch zwei Spezialfälle, die jeweils nur in einer syntaktischen Kategorie auftreten, und daher in Abschnitt 3.3 behandelt werden: Eigennamen und Tempusmorpheme.

Pro-Formen

Eine naive Gleichsetzung von Anaphern und Pronomen sieht sich mit dem Problem konfrontiert, daß auch Wörter wie **dort** und **dann** anaphorisch verwendet werden. In [Erben 72] werden diese Wörter aufgrund ihres anaphorischen Charakters als Pronomen charakterisiert. Vater schlägt dagegen vor, die Pronomen nur als Spezialfall zu betrachten und im allgemeinen von *Pro-Formen* zu sprechen:

So wie ein Pronomen stellvertretend für ein Nomen (genauer: eine NP) steht, so steht eine Pro-Form stellvertretend für eine grammatische Kategorie beliebiger Art. [Vater 75, S. 20]

Somit gibt es neben den Pronomen auch Pro-Verben, Proadverbiale und Prosätze.¹

Nach dieser Definition sind auch definite Nominalphrasen als Pro-Formen zu klassifizieren, da sie ebenfalls anaphorisch verwendet werden. Um dies zu vermeiden, nimmt Vater als weiteres Charakteristikum der Pro-Formen deren "Merkmalarmut" hinzu und vertritt somit eine moderne Variante der 'substantia sine qualitate'-Theorie des Mittelalters.² Grundlegender scheint mir aber der Unterschied, daß Pro-Formen Lexeme beziehungsweise Wortformen sind, während es sich bei definiten Nominalphrasen, zumindest im Deutschen, um komplexe Ausdrücke handelt.

Relevant ist die relative Merkmalarmut der Pro-Formen aber für die Bestimmung des Anapherntyps. Diejenigen Pro-Formen, die nur eine sehr allgemeine Bedeutung haben, können kaum in Kontiguitätsanaphern verwendet werden.³ Bei Kontiguitätsanaphern referieren Antezedens und Anapher

¹Beispiele folgen in Abschnitt 3.3.

²Diese Theorie wurde von mir in Abschnitt 2.2 erläutert und kritisiert.

³Eine Ausnahme bilden Beispiele wie 38 und 49.

nämlich auf zwei Diskursreferenten, die in einer bestimmten Beziehung zueinander stehen. Und diese Beziehung ergibt sich zumeist aus Antezedens- und Anaphernbedeutung. Der folgende Beispielsatz ist daher nur begrenzt akzeptabel:⁴

(26) ? Er wurde Schlagzeuger, weil er fand, daß es ein schönes Instrument ist.

Bestimmte Pro-Formen wie **danach** oder **daneben** enthalten dagegen die Kontiguitätsbeziehung als Bedeutungsbestandteil und können daher auch nur in Kontiguitätsanaphern verwendet werden.

Null-Elemente

Bereits Bloomfield führt Beispielsätze an, in denen offensichtlich ein Null-Element \emptyset (bei Bloomfield *zero-feature*) als Anapher vorkommt [Bloomfield 33, S. 252]:

(27) Mary dances better than Jane \emptyset .

(28) I haven't seen it, but hope to \emptyset .

(29) I like sour milk better than fresh \emptyset .

Ich werde Bloomfield folgen und diese Anaphern *Nullanaphern* nennen. In der Literatur wird darüberhinaus häufig die Bezeichnung *Ellipse* verwendet.⁵ Die Frage, wann ein Null-Element vorliegt, kann natürlich nicht unabhängig von einer Syntaxtheorie entschieden werden. Eine informelle Antwort kann aber darauf verweisen, daß an einer bestimmten Satzposition eigentlich ein Ausdruck erwartet wird, der dort nicht steht aber aus dem Kontext erschlossen werden kann.⁶ Null-Elemente können sowohl in Identitäts- als auch in Substitutionsanaphern verwendet werden, wie die folgenden Beispiele zeigen:

(30) Hans kam, \emptyset sah und \emptyset siegte.

(31) Wir dürfen das Wasser nicht ablassen, weil es hier in der Wüste kein neues \emptyset gibt. E111

Da ein Null-Element keine Bedeutung haben kann und daher die Bedeutung seines Antezedens übernehmen muß, kann es nicht in Kontiguitätsanaphern verwendet werden.

⁴In der Literatur werden solche anaphorischen Bezüge als *gekünstelte Anaphern* (*strained anaphora*) bezeichnet (vgl. etwa [Hirst 81, S. 14ff]).

⁵In [Grundzüge 81, S. 142ff] wird die Bezeichnung *Ellipse* allerdings für einen anderen Typ der Tilgung verwendet, während *Nullanaphern* als *Reduktion* bezeichnet werden.

⁶Aus dieser Beschreibung ergibt sich, daß Null-Elemente nur in syntaktisch obligatorischen, nicht aber in optionalen Argumenten auftreten können.

Komplexe Ausdrücke

Wir hatten bereits in Abschnitt 2.1 gesehen, daß auch definite Nominalphrasen anaphorisch verwendet werden können. Es liegt daher nahe, als dritte Möglichkeit der lexikalischen Realisierung definite Nominalphrasen zu wählen. Durch eine leichte Modifikation von Beispielsatz 22 kann jedoch gezeigt werden, daß selbst indefinite Nominalphrasen als Anaphern auftreten können.

- (32) Hans muß seinen Manta in die Werkstatt bringen, weil ein Zylinder kaputt ist.

Während Pro-Formen einfache Lexeme sind, handelt es sich bei definiten und indefiniten Nominalphrasen um *komplexe Ausdrücke*. In Abschnitt 3.3 untersuche ich, ob auch komplexe Ausdrücke anderer syntaktischer Kategorien als Anaphern vorkommen.

Im Gegensatz zu Pro-Formen und Null-Elementen werden komplexe Ausdrücke aufgrund ihrer spezifischen Bedeutungskomponente häufig zur Bildung von Kontiguitätsanaphern verwendet. Darüberhinaus treten sie auch in Identitätsanaphern auf. Hierbei wird entweder der Antezedensausdruck wiederholt oder es werden bekannte Eigenschaften des Diskursreferenten zur Bildung definiter Kennzeichnungen benutzt (z.B. *der Leimener, der Wimbledongewinner, der 25-jährige*).

3.2 Ontologische Kategorie des Referenten

In [Webber 79, 1.4] werden anaphorische Bezüge aufgrund der ontologischen Kategorie des Anaphernreferenten klassifiziert. Auch in [Hirst 81] werden lokative und temporale Anaphern als eigenständige Klassen aufgeführt, und in [Partee 84] werden temporale mit nominalen Anaphern verglichen.

Eine Klassifikation, die sich auf die ontologische Kategorie des Referenten stützt, sieht sich allerdings mit zwei Problemen konfrontiert. Zum einen sind Überlegungen zur Ontologie nicht Gegenstand der Linguistik im engeren Sinne, sondern fallen in den Gegenstandsbereich der Philosophie. Zum anderen gibt es innerhalb der philosophischen Ontologie keine anerkannte Kategorienlehre, die von der Linguistik übernommen werden könnte. Dies führt dazu, daß einer Einteilung, wie sie beispielsweise in [Webber 79, 1.4] zu finden ist, eine gewisse Beliebigkeit anhaftet. Webber unterscheidet etwa zwischen Individuen, Mengen, Stoffen, Generischen Typen, Prototypen, Handlungen, Ereignissen, Zuständen und Propositionen. Für jeden Referententyp wird zwar ein Beispielsatz angegeben, es wird jedoch nicht deutlich, worauf sich die Einteilung der Referentenklassen letztendlich gründet, ob die Aufzählung

vollständig ist und welche Konsequenzen sich aus der Kategorie des Referenten für die anaphorische Beziehung ergeben. Diese Fragen bleiben leider auch in der vorliegenden Arbeit letztendlich unbeantwortet. Ich versuche im folgenden aber dennoch einige Hinweise zu ihrer Beantwortung zu geben.

Exkurs: Ontologische Kategorien

Der folgende Exkurs hat nicht zum Ziel, die philosophische Diskussion im Bereich der Ontologie oder der Kategorienlehre zusammenzufassen. Vielmehr sollen einige Aspekte dieser Diskussion hervorgehoben werden, die für die Sprachverarbeitung von besonderer Bedeutung sind. Eine detaillierte Untersuchung zum Zusammenhang von Ontologie und Sprachverarbeitung, die ich für dringend erforderlich erachte, müßte meines Erachtens zum einen die Kategorienlehren von Aristoteles und Kant berücksichtigen, zum anderen die an Husserl anknüpfenden zeitgenössischen Überlegungen zur formalen Ontologie (vgl. etwa [Smith 82]). Die folgenden Bemerkungen sind dagegen eher spekulativer Natur und erheben keinerlei Anspruch auf terminologische Exaktheit. Sie sollen im wesentlichen dazu dienen, den Problembereich der ontologischen Kategorisierung deutlich zu machen.

Aristoteles und die Folgen: Bereits bei Aristoteles, dem Begründer der Kategorienlehre, finden sich zwei Unterscheidungen, die die ontologische Diskussion bis zum heutigen Zeitpunkt beeinflussen: die Unterscheidung zwischen Universalien und Einzeldingen und die Unterscheidung zwischen Substanzen und Akzidentien.

Aristoteles führt in *Peri Hermeneias* zehn Kategorien an (z.B. Substanz, Qualität, Ort und Zeit), wobei er der ersten Kategorie, der Substanz, eine Sonderstellung zuschreibt. Diese Kategorie bezeichnet das Zugrundeliegende, das Etwas, über das die übrigen Kategorien, die Akzidentien, etwas aussagen. Die Substanz läßt sich dann weiter unterscheiden in erste Substanz und zweite Substanz: erste Substanz sind die Einzeldinge, zweite Substanz sind die Arten und Gattungen der Einzeldinge. Diese Unterscheidung zwischen Einzeldingen und Universalien läßt sich aber auch auf die Akzidentien anwenden, so daß sich vier Arten des Seienden ergeben, die im ontologischen Quadrat dargestellt werden können (vgl. Abbildung 3.1). Wie Heyer ausführlich zeigt, wird im Universalienstreit der ontologische Charakter der zweiten Substanzen angegriffen. Endgültig eliminiert werden Arten und Gattungen dann im Zuge der Fregeschen Unterscheidung zwischen Begriff und Gegenstand und deren formaler Umsetzung in der Prädikatenlogik (vgl. [Heyer 87, II-III]).

Pluralindividuen, Generische Typen und Prototypen: Der Ansatz der Prädikatenlogik erster Stufe unterscheidet zwischen Prädikaten und In-

	Substanz nicht in einem Subjekt	Akzidens in einem Subjekt
allgemein	der Mensch (zweite Substanz)	das Weiße
singulär	dieser Mensch (erste Substanz)	dieses Weiße

Abbildung 3.1: Das ontologische Quadrat nach [Heyer 87, S. 53].

dividuen, wobei Prädikate verwendet werden, um etwas über Einzeldinge auszusagen. Als einfachste Beispiele für Einzeldinge bieten sich physische Gegenstände an: der Schreibtisch, an dem ich sitze, die Pflanze, die am Fenster steht, etc. Referiert werden kann aber auch auf mehrere Gegenstände gleichzeitig, wie das nächste Beispiel zeigt:

- (33) Dann jubelten seine Untertanen und warfen ihre Hüte in die Luft, und Lukas ließ Emma fröhlich pfeifen. Nachher gab es für alle Vanilleeis und an besonders hohen Feiertagen Erdbeereis.

Was ist das Referenzobjekt des Wortes *alle* in diesem Beispielsatz? Zwei Antworten sind möglich: entweder führt man ein neues Individuum ein, das aus Einzelgegenständen zusammengesetzt ist (Pluralindividuum), oder der Satz wird so analysiert, daß in der logischen Form keine Referenz des Wortes *alle* mehr vorliegt (Referenzauflösung).

Dem Ansatz der *Referenzauflösung* zufolge läßt sich Referenz auf Pluralindividuen analysieren als Referenz auf echte Einzeldinge. Pluralreferenz ist demnach ein Phänomen der Oberflächenstruktur natürlichsprachlicher Sätze und verschwindet auf der Ebene der logischen Formen. Im obigen Beispiel kann *alle* als gebundene Variable interpretiert werden, wodurch sich die folgende, stark vereinfachte logische Form $\forall x[U(x) \rightarrow V(x)]$ ergibt, d.h. jedes Einzelding, das Untertan ist, kriegt Vanilleeis (und der König geht leer aus).

Die Möglichkeit der Referenzauflösung beruht jedoch auf der *distributiven* Lesart des Beispielsatzes und läßt sich nicht ohne weiteres auf *kollektive* Lesarten übertragen:

- (34) Nachdem Jim alle Kinder befreit hatte, gab es natürlich zunächst einmal ein riesiges Hallo. Alle waren ganz außer Rand und Band vor Freude. Sie lachten und jubelten und schrien durcheinander (...). E180

Das Verb *durcheinanderschreien* erfordert ein plurales Subjekt und daher liegt der Vorschlag nahe, mehrere Individuen zu einem neuen *Pluralindividuum* zusammenzufassen, auf das dann Begriffe prädikativ angewendet werden können. Je nachdem, ob ein Prädikat distributiv oder kollektiv verwendet wird, sind dann die entsprechenden Folgerungen für die Teile des Pluralindividuums gültig. Eine formale Ausarbeitung dieses Ansatzes findet sich in [Link 83].

Neben Pluralausdrücken führen auch *generische Beschreibungen* zu Repräsentationsproblemen im Kalkül der Prädikatenlogik. Um Referenz auf generische Typen zu vermeiden, wird auch hier ein Analyseverfahren vorgeschlagen, demzufolge in der logischen Form nur auf Einzeldinge referiert wird. So wird etwa Satz 35 die logische Form 36 zugeordnet:

- (35) Das Pferd ist ein vierbeiniges Tier.

- (36) $\forall x[\text{Pferd}(x) \rightarrow \text{Vierbeinig}(x) \wedge \text{Tier}(x)]$

In [Heyer 87] wird detailliert nachgewiesen, daß dieser Ansatz für viele Sätze mit generischen Beschreibungen zu falschen logischen Formen führt. Heyer plädiert stattdessen für die Anerkennung einer eigenständigen generischen Referenz und schlägt in diesem Zusammenhang vor, zwischen zwei grundlegenden Aspekten generischer Referenz zu unterscheiden: Referenz auf Arten (Artreferenz) und Referenz auf typische Repräsentanten einer Art (Defaultreferenz) [Heyer 90, S. 95]. Ich werde die jeweiligen Diskursreferenten im folgenden als *generische Typen* und als *Prototypen* bezeichnen.

Insgesamt ergibt sich somit eine Vierteilung von Diskursreferenten: Einzeldinge, Pluralindividuen, generische Typen und Prototypen. Einzeldinge und Pluralindividuen bezeichne ich auch als *Individuen*, generische Typen und Prototypen als *Typen*.

Kategorien: Vom Standpunkt der semantischen Repräsentation in der Sprachverarbeitung ist eine Kategorienlehre insofern von Interesse, als sie Auskunft darüber geben kann, welche spezifischen Inferenzen sich für die Diskursreferenten einer bestimmten Kategorie ergeben. Ein gutes Beispiel für eine solche Kategorienlehre bieten die in [Zemach 70] vorgeschlagenen vier Ontologien. Zemachs Grundidee besteht darin, Entitäten danach zu unterteilen, ob sie im Raum oder in der Zeit begrenzt oder kontinuierlich sind. Eine Entität ist kontinuierlich in einer Dimension, wenn sie in dieser Dimension keine Teile hat. Ist sie dagegen in einer Dimension begrenzt, so befinden

sich entlang dieser Dimension ihre Teile, die von der Entität als Gesamtheit unterschieden werden können. Es ergeben sich somit, wie in Abbildung 3.2 gezeigt, vier Arten von Entitäten: Ereignisse, Dinge, Prozesse und Typen. Nach dieser Einteilung haben Ereignisse eine raum-zeitliche Extension, das

	begrenzt in der Zeit	kontinuierlich in der Zeit
begrenzt im Raum	Ereignisse	Dinge
kontinuierlich im Raum	Prozesse	Typen

Abbildung 3.2: Vier Ontologien nach [Zemach 70].

heißt, sie haben zeitliche und räumliche Teile. Die Ermordung Kennedys etwa fand in einem bestimmten Zeitintervall an einem bestimmten Ort statt. Zeitliche und räumliche Teile dieses Ereignisses sind beispielsweise der Zeitpunkt, zu dem die Schüsse erfolgten, der Ort, an dem Kennedy getroffen wurde, usw. Dinge haben dagegen lediglich eine räumliche Extension. Sie haben keine Teile in der Zeit, sondern treten als gleiche Ganzheiten zu verschiedenen Zeitpunkten auf. Prozesse hingegen, wie etwa die französische Revolution, haben eine zeitliche Extension und somit Teile in der Zeit (verschiedene Phasen), aber keine Teile im Raum: nach Zemach gibt es nicht einen Teil der französischen Revolution in Paris und einen anderen Teil in Lyon. Es ist immer der ganze Prozeß, der an verschiedenen Orten gleichzeitig stattfindet.⁷

Neben dieser eher philosophisch orientierten Kategorisierung kann sich eine Kategorienlehre natürlich auch an der natürlichen Sprache orientieren. Zum einen können die Substantive einer Sprache zum Ausgangspunkt einer ontologischen Untersuchung genommen werden, da mit ihrer Hilfe referierende Ausdrücke gebildet werden können. Es zeigt sich dann sehr schnell die Komplexität der Aufgabe, die Referenten von Ausdrücken wie *dieser Mangel*, *dieses Konto*, *dieses Gesetz*, *diese Bewunderung*, *dieser Vorteil* oder *dieses Alter* in Kategorien einzuteilen. Darüberhinaus kann untersucht werden, welche syntaktischen Kategorien auf welche ontologischen Kategorien referieren können. In einer ersten Annäherung läßt sich hier sagen, daß Nominalphrasen auf Diskursreferenten beliebiger Kategorien, Adjektive auf *Eigenschaften*,

⁷In Lyon und Paris finden zwar unterschiedliche Ereignisse statt, aber die Prozeßsicht auf die französische Revolution abstrahiert gerade von diesen Ereignissen.

Verbalphrasen auf *Ereignisse* und Sätze auf *Sachverhalte* referieren.

Im folgenden werde ich ausgehend von den hier skizzierten Überlegungen eine naive Unterteilung in sechs Grundkategorien vornehmen:

1. Dinge
2. Ereignisse
3. Raum und Zeit
4. Eigenschaften
5. Sachverhalte
6. Abstrakta

Innerhalb jeder Kategorie läßt sich dann wieder unterscheiden zwischen:

1. Individuen (Einzeldinge, Pluralindividuen)
2. Typen (Generische Typen, Prototypen)

Im folgenden werde ich anhand von Beispielsätzen illustrieren, welche Diskursreferenten ich welchen Kategorien zuordne. Da im Rahmen dieser Arbeit eine erschöpfende Behandlung ontologischer Kategorien nicht möglich ist, beschränke ich mich darauf, die Besonderheiten der einzelnen Kategorien zu skizzieren und auf weiterführende Literatur zu verweisen.

Dinge

Dinge sind nach Zemach kontinuierlich in der Zeit und räumlich begrenzt und sie sind die Entitäten der Ontologie, die wir am häufigsten verwenden. Beides hängt eng zusammen: wir können mehr oder weniger beliebige Bewegungen im Raum ausführen, während die Zeit für uns nur in eine Richtung verläuft und wir uns nicht in ihr bewegen können. Es ist uns daher möglich, diejenigen Objekte, die räumlich begrenzt und zeitlich kontinuierlich sind, intersubjektiv zugänglich zu machen (sei es, daß wir die Dinge im Raum transportieren; sei es, daß wir uns zu den Dingen hinbewegen). Diese intersubjektive Zugänglichkeit, die begrenzt wiederholbar ist, führt dazu, daß die Individuierbarkeit von Dingen unproblematischer erscheint als die Individuierbarkeit von Entitäten anderer Kategorien.

Dinge als Individuen: In der Dingkategorie lassen sich sehr leicht aus Einzeldingen Pluralindividuen konstruieren. Dies kann zum einen durch konjunktive Verknüpfung der einzelnen Individuen erfolgen oder durch Bezeichnung des Pluralindividuums durch bestimmte Nominalphrasen. Das nachfolgende Beispiel zeigt, daß beide Konstruktionsmöglichkeiten auch gemeinsam verwendet werden können:

- (37) Nach einer Weile konnte ich von weitem sehen, wie die Hofdamen und die Freundinnen anfangen, mich zu suchen. Aber statt zu rufen, versteckte ich mich in einem Binsenbusch. Nach einer Weile kamen meine Spielkameradinnen und die Hofdamen ganz in meiner Nähe vorüber, und alle riefen immerfort meinen Namen und schienen schrecklich ängstlich und aufgeregt zu sein. Aber ich saß in meinen Versteck und muckte mich nicht. Nach einer Weile kam der Suchtrupp wieder zurück, und ich hörte, wie sie sagten, sie wollten jetzt in die anderen Richtungen gehen, und ich könnte ja unmöglich so weit fortgelaufen sein. E195

Zum einen wird die Nominalphrase **der Suchtrupp** zur Referenz auf ein Pluralindividuum verwendet, zum anderen kann im gleichen Satz auf die einzelnen Elemente des Pluralindividuums mit *sie* referiert werden.⁸

Dinge als Typen: Die Anapher *sie* im folgenden Beispielsatz bezieht sich nicht auf ein konkretes Ding in der Welt, sondern auf einen generischen Typ:

- (38) “Ich fürchte allerdings, daß ein Meerbewohner für diesen Beruf nicht ganz geeignet ist.”
 “Das glaub’ ich auch”, sagte Jim, “sie sind zu wässrig.” E326

Dieses Beispiel zeigt übrigens auch, daß in Kontiguitätsanaphern der Form Einzelding/generischer Typ Pluralpronomen ohne spezifische Bedeutung verwendet werden können.⁹

Ereignisse

Davidson beginnt seinen grundlegenden Aufsatz [Davidson 67] über Ereignisse mit den Sätzen:

- (39) Strange goings on! Jones did it slowly, deliberately, in the bathroom, with a knife, at midnight. What he did was butter a piece of toast.

⁸Interessanterweise kann **der Suchtrupp** als Agent von zurückkommen auftreten, nicht aber als Agent von **sagen**.

⁹Vergleiche hierzu die Argumentation auf Seite 31 und die Beispiele in [Webber 79, Kap. 1.4.4] und [Sidner 83, S. 268]).

Davidson benutzt hier anaphorische Referenz, um die Existenz einer bestimmten Klasse von Entitäten, nämlich Ereignisse, nachzuweisen. Ein Kernproblem in der Diskussion über Ereignisse bildet die Frage, welche Kriterien zur Individuierung von Ereignissen verwendet werden können.¹⁰ In den letzten Jahren sind Ereignisse vermehrt in den Blickpunkt einer referenzorientierten Repräsentation gerückt, wie beispielsweise die Arbeiten [Barwise, Perry 83, Kap. 4], [Bäuerle 88] und [Eberle 90] zeigen.

Ereignisse als Individuen: Im folgenden Beispielsatz wird ein Ereignisindividuum beschrieben, auf das dann nachfolgend anaphorisch Bezug genommen wird:

- (40) Dann hieb er mit wenigen mächtigen Schlägen die Taue durch, mit denen Molly angebunden war, und schob mit Jim gemeinsam die kleine Lokomotive einfach durch die zersplitterte Reling hindurch auf das kaiserliche Schiff hinüber, das immer noch Bordwand an Bordwand mit dem Piratenschiff lag. Als die Seeräuber das sahen, schleuderten sie brennende Pechfackeln auf das Verdeck des kaiserlichen Schiffes. E444

Es wird sich weiter unten zeigen, daß eine enge Beziehung zwischen Ereignissen, Sachverhalten und Propositionen besteht.

Ereignisse als Typen: Genau wie bei Dingen kann auch bei Ereignissen auf Typen referiert werden. So ist etwa der nächste Beispielsatz dahingehend zu analysieren, daß es niemanden außer Lukas gibt, der Agent eines Ereignisses ist, das eine Instanz des Ereignistyps Looping-Spucken ist.

- (41) Er zielte so genau, daß er ein brennendes Streichholz auf dreieinhalb Meter Entfernung auslöschte. Aber das war noch nicht alles. Er konnte noch etwas und das machte ihm auf der ganzen Welt so leicht keiner nach: Er konnte nämlich einen Looping spucken. E8

Raum und Zeit

Um Raum- und Zeiteinheiten als Diskursreferenten zu behandeln, muß zunächst geklärt werden, welche Vorstellung vom Raum und von der Zeit zugrundegelegt werden kann.¹¹ Die Referenz geschieht dabei nicht auf Raum- und Zeitkoordinaten als solche, sondern auf Einheiten, wie sie durch Beziehung zu anderen Raum- und Zeiteinheiten gegeben sind. Darüberhinaus

¹⁰Ein guter Überblick über diese Diskussion findet sich in [Lombard 86, Kap. 3], wo die Theorien von Kim, Brand und Davidson ausführlich diskutiert werden.

¹¹So kann beispielsweise zwischen relativen und absoluten, kontinuierlichen und diskreten Auffassungen von Raum und Zeit unterschieden werden.

werden Ausdrücke, die auf Raum- und Zeiteinheiten referieren, häufig metaphorisch verwendet. So kann beispielsweise **dort** zur Referenz auf eine bestimmte Textstelle verwendet werden, mit **dann** kann auf eine nachfolgende Textstelle referiert werden.

Temporale Anaphern werden ausführlich in [Hinrichs 86] behandelt, wo ohne Berücksichtigung temporaler Nominalphrasen Beispiele für die neun möglichen Kombinationen von temporalen Adverbien, temporalen Konjunktionen und Tempusmorphemen als Antezedens und Anapher angeführt werden.

Raum- und Zeiteinheiten als Individuen: Der folgende Beispielsatz zeigt, wie auf konkrete Zeiteinheiten referiert werden kann:

- (42) Lukas und Jim fuhren mit Emma weiter, und der Halbdrache winkte ihnen nach, bis sie um eine Bergecke verschwanden. Dann stapfte er den langen Weg zu seinem kleinen Vulkan zurück. Wenige Minuten später hatte Emma den Eingang zur Drachenstadt erreicht. E160

Das folgende Beispiel zeigt, daß es manchmal schwierig ist, zwischen Pluralindividuen und Typen zu unterscheiden:

- (43) Und manchmal piff auch Lukas ein Liedchen vor sich hin, und dann piffen sie zweistimmig, was sich sehr lustig anhörte. Besonders in den Tunnels, weil es da so schön hallte. E8

Nach der Lesart, in der **da** auf ein Pluralindividuum referiert, sind diejenigen Tunnel gemeint, durch die Lukas und Emma fahren. Nach einer Interpretation als Typ würde hingegen auf Tunnel im allgemeinen referiert.

Raum- und Zeiteinheiten als Typen: Werden Raumeinheiten als Typen verwendet, so wird nicht auf eine konkrete Raumeinheit referiert, sondern auf Raumeinheiten, die einem bestimmten Typ zuzurechnen sind.

- (44) Jedermann, der einmal eine Wüste durchreist hat, weiß, daß die Sonnenuntergänge dort von ganz besonderer Pracht sind. E126

Die Referenz von **dort** läßt sich dabei sowohl generisch als auch prototypisch interpretieren.

Eigenschaften

Als Eigenschaften bezeichne ich die aristotelischen Akzidentien, also diejenigen Entitäten, die nicht eigenständig existieren, sondern nur an anderen Einzeldingen vorkommen.

- (45) Diese Piraten waren tollkühn, bärenstark und verwegen. Aber nun sah Jim zum erstenmal mit eigenen Augen, daß es nicht genügte, derartige Eigenschaften zu besitzen, wenn es dabei an der Klugheit fehlte. E462

Läßt man Eigenschaften als Diskursreferenten zu, so ergeben sich bestimmte Konsequenzen für die semantische Repräsentation, wie der folgende Beispielsatz und seine logische Form deutlich machen:

- (46) Das Auto ist gelb.

- (47) $\text{Auto}(a) \wedge \text{hat farbe}(a, b) \wedge \text{gelb}(b)$

An diesem Beispiel wird deutlich, daß die Farbe des Autos als Einzel Ding aufgefaßt wird, von dem gesagt werden kann, daß es gelb ist. Die natürlichsprachliche Formulierung *das Auto ist gelb* wird also logisch analysiert als *die Farbe des Autos ist gelb*.

Sachverhalte

Sachverhalte oder Tatsachen sind die Referenten von Sätzen:

- (48) "Ist das wahr?" fragte Sursulapitschi und klatschte in die Hände. "Ihr seid hier zu Hause! Das wußten wir nicht, als wir euch hierher brachten." E405

Es ist dann zu klären, inwieweit Sachverhalte im Raum und in der Zeit existieren und insbesondere in welcher Beziehung sie zu Ereignissen und zu Zuständen stehen. Es gibt nämlich interessanterweise anaphorische Bezüge, in denen der Antezedensreferent ein Ereignis ist, während die Anapher auf einen aus diesem Ereignis konstruierten Sachverhalt referiert:

- (49) "So", sagte er, "jetzt wollen wir doch mal feststellen, wo eigentlich dieses 'Tal der Dämmerung' liegt." Er hatte es bald entdeckt, was Jim mit ehrfürchtigem Staunen erfüllte (...). E98

- (50) ? Die Entdeckung, wo das Tal der Dämmerung liegt, durch Lukas erfüllte Jim mit ehrfürchtigem Staunen.

- (51) Die Tatsache, daß Lukas entdeckte, wo das Tal der Dämmerung liegt, erfüllte Jim mit ehrfürchtigem Staunen.

Es liegt hier also eine Kontiguitätsanapher und keine Identitätsanapher vor. Diese Kontiguitätsbeziehungen zwischen Ereignissen, Sachverhalten und Propositionen werden sehr detailliert in [Peterson 82] analysiert und anhand ähnlicher Beispielsätze illustriert. Peterson geht dabei davon aus, daß es in

erster Linie vom verwendeten Verb abhängt, ob der Anaphernreferent als Ereignis, als Sachverhalt oder als Proposition (siehe unten) einzustufen ist. Wahrnehmungsverben wie **sehen** zum Beispiel deuten daraufhin, daß der Referent ihres Objektes ein Ereignis ist (vgl. Satz 40). Dagegen verlangen *faktive Verben* wie **erstaunen** oder **wissen** nicht Ereignisse, sondern Sachverhalte als Referenten der entsprechenden Argumente.

Auf den ersten Blick scheint es nicht sinnvoll, innerhalb der Sachverhalte zwischen Einzeldingen und Typen zu unterscheiden, was dafür spricht, daß sie ähnlich wie Abstrakta außerhalb von Zeit und Raum stehen.

Abstrakta

Zemachs Ontologie der Typen wurde von verschiedenen Autoren kritisiert und von Zemach in [Zemach 75] verteidigt. Ich stimme mit seiner Einschätzung dieser Ontologie nicht überein, glaube aber, daß es sinnvoll ist, eine Kategorie von Entitäten zu haben, die jenseits von Raum und Zeit stehen und die ich Abstrakta nenne. Da Abstrakta außerhalb von Raum und Zeit stehen, ist für sie keine Unterscheidung zwischen Einzeldingen, Pluralindividuen, generischen Typen und Prototypen möglich.

Beispiele für Abstrakta sind etwa Zahlen und Propositionen. Im folgenden Satz wird beispielsweise mit **das** auf eine Proposition referiert, die sich aus der Äußerung von Frau Waas ergibt.

- (52) “Ja, aber”, rief Frau Waas, “es gibt doch auf unserer ganzen Insel keine dritte Etage.” “Das ist allerdings richtig”, sagte der König. E13

Daß mit der Anapher **das** auf eine Proposition und nicht auf ein Ereignis oder einen Sachverhalt referiert wird, ergibt sich aus der verwendeten Verbalphrase **richtig sein** (vgl. [Peterson 82]). Problematisch ist diese Rede von Propositionen besonders deshalb, weil zu klären ist, welcher Zusammenhang zwischen dem Referenten einer Äußerung, der ja ein Sachverhalt ist, und einer entsprechenden Proposition besteht.

3.3 Syntaktische Kategorie der Anapher und des Antezedens

Bei einer Anaphernklassifikation, die sich an syntaktischen Kategorien orientiert, kann sowohl die syntaktische Kategorie des Antezedens als auch die der Anapher in den Vordergrund gestellt werden. In [Cornish 86, Kap. 2.1] erfolgt beispielsweise eine Klassifikation hinsichtlich der Antezedens-kategorie gemäß der dann Nominal-, Nominalphrasen-, Verb-, Verbalphrasen- und Satzanaphern unterschieden werden.

Eine ähnliche Klassifikation stellt Vater für Pro-Formen auf: Pro-Formen vertreten *major categories* und lassen sich “sinnvoll danach subklassifizieren, welche Kategorien sie vertreten. Folgende Untergruppen werden fürs Deutsche zunächst angenommen: Pronomina, Proverben, Proadverbiale, Proattributione und Prosätze” [Vater 75, S. 33]. Die Formulierung “welche Kategorie sie vertreten” läßt zunächst offen, ob hier die Antezedens- oder die Anaphernkategorie gemeint ist. Vaters Beispiele verdeutlichen jedoch, daß er die syntaktische Kategorie der Anapher zur Klassifikation heranzieht:

- (53) Franz tanzte sehr viel mit Amalie. Deshalb war seine Frau den ganzen Abend eifersüchtig.

Vater klassifiziert *deshalb* als Proadverbial, weil es für den eingebetteten Adverbialsatz *weil Franz sehr viel mit Amalie tanzte* steht. Mit der gleichen Bedründung kann *deshalb* dann aber auch als Prosatz klassifiziert werden. Vater schreibt hierzu, daß Prosätze “sich deshalb nicht als besondere Untergruppe innerhalb der Pro-Formen herausheben, da sie immer gleichzeitig Pronomina oder Proadverbiale sind” [Vater 75, S. 41]. Diese Überlegungen machen meines Erachtens deutlich, daß eine Klassifikation, die sich an syntaktischen Kategorien orientiert, von der zugrundegelegten Syntaxtheorie abhängig ist.

Ich werde im folgenden für Nominalphrasen, Verbalphrasen, Präpositionalphrasen, Sätze und Adjektive untersuchen, inwieweit Anaphern in diesen syntaktischen Kategorien möglich sind.¹² Für jede Kategorie wird dabei untersucht, ob neben den Pro-Formen auch Null-Elemente und komplexe Ausdrücke verwendet werden können, auf welche Antezedenskategorien anaphorisch Bezug genommen werden kann und aus welchen ontologischen Kategorien die Referenten stammen können.

Nominalphrasen

Eine *Nominalanapher* liegt vor, wenn die Anapher syntaktisch als Nomen oder als Nominalphrase auftritt. Dabei kann die Anapher lexikalisch als Pronomen, als Null-Element oder als komplexe Nominalphrase realisiert sein.

Pronomen: Der nachfolgende Überblick über die verschiedenen Pronomenklassen orientiert sich an [Grundzüge 81, Kap. 3.4]. *Personalpronomen* wie *er*, *sie* und *es* sind die prototypischen Beispiele für anaphorische Pronomen. Sie können in Identitäts-, Substitutions- und Bindungsanaphern und in seltenen Fällen auch in Kontiguitätsanaphern (vgl. Beispiele 38 und 40) verwendet werden. Demgegenüber treten das *Reflexivpronomen* *sich* und das

¹²Die Auswahl dieser syntaktischen Kategorien orientiert sich an [Radford 81].

Reziprokpronomen *einander* nur in Identitäts- und Bindungsanaphern auf. In der Rektions- und Bindungstheorie werden daher syntaktische Regeln formuliert, die das Antezedens dieser Pronomen festlegen [Fanselow, Felix 87, S. 100ff].¹³ *Possessivpronomen* wie *sein* und *ihr* und *Definitpronomen* wie *der*, *dieser*, *derselbe* oder *beide* verhalten sich bezüglich anaphorischer Bezüge wie Personalpronomen, das heißt sie können in Identitäts-, Substitutions- und Bindungsanaphern vorkommen. *Demonstrativpronomen* wie *dieser* und *jener* beinhalten darüberhinaus Information, die zur Ermittlung des Antezedens verwendet werden kann, da sie in ihrer anaphorischen Lesart die textuelle Nähe des Antezedens anzeigen. Auch *Negationspronomen* wie *niemand*, *Kollektivpronomen* wie *alle* und *Distributivpronomen* wie *jeder* oder *irgendjemand* können anaphorisch verwendet werden, wenn der Quantifikationsbereich durch den vorangegangenen Text bestimmt wird (vgl. etwa Beispiel 33).

Nominale Nullanaphern: Bei nominalen Nullanaphern kann ein Null-Element sowohl die gesamte Nominalphrase als auch Teilausdrücke vertreten. Im nachfolgenden Beispiel ist lediglich das Nomen getilgt, und daher muß auch nur das Nomen des Antezedensausdrucks substituiert werden:

- (54) In den Gäßchen, wo es schon dämmerig wurde, entzündeten die Mandalanier ihre Lampions, die in allen Farben leuchteten. Sie trugen sie an langen Angelruten vor sich her, die großen Mandalanier große Lampions, die kleinen \emptyset kleine \emptyset . E48

Im Englischen wird anstelle des Null-Elements meistens der Ausdruck *one* verwendet:

- (55) "Suppose we change the subject," the March Hare interrupted, yawning. "I'm getting tired of this. I vote the young lady tells us a story."
"I'm afraid I don't know one," said Alice, rather alarmed at the proposal. C100

Komplexe Nominalphrasen: Auch komplexe Nominalphrasen können zur Bildung von Nominalanaphern verwendet werden. Im einfachsten Fall wird dabei ein Diskursreferent mittels einer indefiniten Nominalphrase eingeführt und dann im folgenden durch die entsprechende definite Nominalphrase bezeichnet:

- (56) Aber es geschah nichts dergleichen, sondern es erschien ein dicker Kopf mit großen runden Augen, ein Kopf, der entfernt an ein Nilpferd erinnerte,

¹³In der Rektions- und Bindungstheorie werden Reflexiv- und Reziprokpronomen als Anaphern bezeichnet, Personal- und Possessivpronomen als Pronomen.

nur daß er gelb und blau getüpfelt war. Der Kopf saß auf einem zarten Körperchen, an dessen anderem Ende ein langer dünner Schwanz hing, etwa wie bei einem noch nicht ausgewachsenen Krokodil. E148

Neben dem anaphorischen Gebrauch definiter Nominalphrasen gibt es analog zu den Pronomen noch den deiktischen Gebrauch. In [Löbner 85] werden diese beiden Verwendungsarten unter der Bezeichnung *pragmatische Definitheit* zusammengefaßt, da die Referentenbestimmung vom jeweiligen Kontext abhängig ist. Darüberhinaus gibt es für Loebner *semantische Definitheit*, bei der das Referenzobjekt unabhängig vom unmittelbaren Kontext etabliert wird. Löbners Einteilung entspricht meiner Unterscheidung zwischen anaphorischer, deiktischer und individuierender Verwendung referierender Ausdrücke. Die Frage, ob eine definite Nominalphrase als anaphorisch oder als individuierend einzuordnen ist, ist nicht immer leicht zu beantworten:

- (57) Jim lag in seinem Bett und wartete. Der Mond schien zum Fenster hinein. Es war sehr still. Nur das Meer rauschte friedlich an den Landesgrenzen, und ab und zu war von der Küche herüber leise das Klappern der Stricknadeln zu hören. E27

Streng genommen kann beispielsweise der Ausdruck der Mond nicht individuierend sein, da seine Bedeutung mehr als einen Diskursreferenten enthält (auch andere Planeten haben Monde). Es ist aber auch kein Antezedens vorhanden, auf das sich der Mond anaphorisch bezieht. Es ist in diesem Fall natürlich klar, daß der Mond sich auf den Mond der Erde bezieht. Dieses Wissen scheint aber nicht aus dem vorangegangenen Text zu stammen, sondern als allgemeines Hintergrundwissen jeglichem Textverstehen vorauszugehen. Die individuierende Verwendung von Nominalphrasen muß daher immer in Bezug auf dieses allgemeine Hintergrundwissen verstanden werden.

Eigennamen: Eine besondere Form der lexikalischen Realisierung, die nur bei Nominalphrasen vorkommt, bilden *Eigennamen* wie Hans, Berlin oder Montag. Da diese Eigennamen aber nicht referentiell eindeutig sind, werden auch sie in der logischen Form durch eindeutige Bezeichnungen von Diskursreferenten verwendet. Zum einen können Eigennamen in Identitätsanaphern verwendet werden, zum anderen kann man von Kontiguitätsanaphern sprechen, wenn das Antezedens verwendet werden kann, um referentiell mehrdeutige Eigennamen zu desambiguieren:

- (58) Ich bin nächste Woche in Wiesbaden und könnte Freitag abend nach Frankfurt kommen.

Das Antezedens Wiesbaden deutet darauf hin, daß Frankfurt auf Frankfurt am Main referiert und nicht auf Frankfurt an der Oder.

Nominale Anaphern weisen die größte Flexibilität hinsichtlich der Referenten- und der Antezedens-kategorie auf. So können definite Nominalphrasen wie *dieses Ereignis*, *dieser Ort*, *diese Zeit*, *diese Eigenschaft* oder *diese Tatsache* verwendet werden, um auf Diskursreferenten beliebiger Kategorien zu referieren. Ebenso kann auch auf alle syntaktischen Kategorien¹⁴ anaphorisch Bezug genommen werden:

- (59) Hans war in seinem sechsten Lebensjahr von einem Zwergpudel attackiert worden. Dieses Ereignis führte bei ihm zu einem tiefen Haß auf alle Haustiere.
- (60) Die Tapeten waren in einem zarten Froschgrün gehalten. Diese Farbe sollte offensichtlich die enge Naturverbundenheit der Bewohner dokumentieren.

Für das Französische weist Pinchon auf die Arbeitsteilung hin, die bei anaphorischen Bezügen auf verbale Antezedenten besteht:

A première vue l'emploi des pronoms, pour représenter un syntagme verbal, peut paraître simple. Le français dispose ici, en quelque sorte, d'une déclinaison, où chaque pronom est spécifique d'une fonction particulière: **le**: complément d'objet; **en**: complément d'un substantif, d'un adjectif ou d'un verbe construits avec la préposition **de**; **y** complément d'un adjectif ou d'un verbe construits avec la préposition **à**. Seule n'est pas représentée la fonction sujet pour laquelle on fait appel à *cela*. [Pinchon 72, S. 216f]

Diese Einteilung gilt jedoch nur für den Fall, daß das Pronomen von einem Nomen oder einem Adjektiv abhängig ist. Wird es von einem Verb regiert, ist eine perfekte Systematisierung nicht mehr möglich.¹⁵

Verbalphrasen

Als *Verbalanaphern* bezeichne ich anaphorische Bezüge, in denen die Anapher als Verb oder als Verbalphrase fungiert.

Pro-Verben: In Analogie zu den Pronomen, die als Stellvertreter für Nominalphrasen auftreten können, besteht die Möglichkeit, Verben wie **tun** oder **machen** stellvertretend für andere Verben oder Verbalphrasen zu verwenden.

¹⁴Hiermit meine ich alle syntaktischen Kategorien, die in dieser Klassifikation verwendet werden.

¹⁵Vergleiche hierzu die Beispiele in [Pinchon 72, S. 217ff].

Neben diesen beiden Verben können aber auch andere Verben mit sehr allgemeiner Bedeutung wie **stattfinden**, **sich ereignen** oder **sein** als Pro-Verben gelten [Grundzüge 81, S. 381;438].

Wie die folgenden Beispielsätze zeigen, üben die Pro-Verben im Deutschen ihre Pro-Funktion nur zusammen mit einem Objekt-Pronomen (**das**, **was** oder **es**) aus:

- (61) “Wohnt hier eine gewisse Frau Malzaan oder so ähnlich?” fragte er und macht ein ganz dienstliches Gesicht, was er sonst nie tat, wenn er die Post brachte. E11
- (62) “Doch bitte, Jim!” bat Li Si. “Du mußt lesen, schreiben und rechnen lernen! Tu es für mich!” “Warum?” fragte Jim. “Du kannst es doch selbst, wozu soll ich es denn auch noch lernen?” E238

Vater vertritt daher in Anlehnung an Haskell die These, daß die deutschen Pro-Verben lediglich unechte Pro-Formen sind und daß eigentlich **was** und **es** als Anaphern fungieren [Vater 75, S. 37].

Auch im Englischen und im Französischen werden die Pro-Verben häufig mit einem Komplement verwendet. Cornish unterscheidet für das Englische die beiden Pro-Verben **do so** und **do it**, deren Distribution von verschiedenen Kriterien abhängt [Cornish 86, S. 94ff].¹⁶

Für das Französische argumentiert Moignet, ähnlich wie Vater für das Deutsche, daß **le** in dem Ausdruck **le faire** als Stellvertreter für die Differenz zwischen der allgemeinen Bedeutung von **faire** und der spezifischen Handlung, auf die anaphorisch Bezug genommen wird, stehe. So sei etwa **écrire = faire + etwas (quelque chose)** und **le** stehe dann in der Anapher für dieses etwas [Moignet 60, S. 19].

Pinchon vertritt dagegen die These, daß **le** lediglich den anaphorischen Bezug anzeigen soll, weshalb es auch nicht in Komparativsätzen auftritt, weil hier der anaphorische Bezug bereits durch **comme** angezeigt wird [Pinchon 72, S. 183].

- (63) Alceste, qui est assis à côté de moi m'a dit qu'il me tiendrait la veste à la récré, quand je me battraï avec Geoffroy, et il m'a dit de taper au menton, comme font les boxeurs à la télé. S52
- (64) Et puis il nous a expliqué qu'il avait décidé d'accorder une nouvelle chance à Alceste. Il a dit qu'il le faisait en pensant aux parents de notre camarade, qui étaient tout tristes devant l'idée que leur enfant risquait de devenir ignorant et de finir au bagne. S14

¹⁶Eine Behandlung von **do so** und **do it** im Rahmen der Transformationsgrammatik findet sich in [Daly 75, Kap. 4].

Anstelle von *faire* können auch Verben wie *agir* oder *être* als Pro-Verben auftreten, sind aber in ihrem Anwendungsbereich noch eingeschränkter als *faire* [Pinchon 72, S. 186f].

Verbale Nullanaphern: Bei den verbalen Nullanaphern wird entweder die gesamte Verbalphrase durch ein Null-Element ersetzt, oder die verbale Ergänzung eines Hilfsverbs:

- (65) Vielleicht will Jim selber eines Tages lesen und schreiben lernen, und dann wird er's auch tun. Und wenn er nicht \emptyset will, ist es auch gut. E238

Im Englischen wird die verbale Nullanapher durch ein "gestrandetes" Hilfsverb oder das infinitivische *to* angezeigt:

- (66) "Speak English!" said the Eaglet. "I don't know the meaning of half of those long words, and, what's more, I don't believe you do \emptyset either! C47

Tempusmorpheme: Verbalphrasen enthalten Tempusmorpheme, die ebenfalls anaphorische Bezüge herstellen können. In [Hinrichs 86] werden die Beziehungen zwischen Tempusmorphemen und temporalen Adverbien beziehungsweise temporalen Konjunktionen detailliert untersucht. Dabei zeigt sich unter anderem, daß Tempusmorpheme auf Zeiteinheiten referieren und daß diese Referenz eng mit den von den Verben referierten Ereignissen zusammenhängt.

Verbphrasen können nur auf verbale Antezedenten anaphorisch Bezug nehmen und auch ihr Referenzbereich ist sehr eingeschränkt. Verbphrasen referieren, sofern sie überhaupt einen Referenten haben, auf Ereignisse, Prozesse, Zustände, oder Handlungen. Ein Problemfall für meine Anapherndefinition bilden Konstruktionen, in denen ein verbales Null-Element auftritt, das keinen Referenten hat:

- (67) Peter ist dick und Hans \emptyset dünn.

Wenn man den Ausdruck *sein* als nicht-referierend betrachtet, liegt hier streng genommen kein anaphorischer Bezug vor. Das Null-Element könnte dann in der strukturellen Desambiguierung behandelt werden.

Präpositionalphrasen

Pronominaladverbien: In [Grundzüge 81, 3.5.1] werden Adverbien für das Deutsche als Unflektierbare kategorisiert, die die Funktion von Satzgliedern oder den Charakter von Satzäquivalenten haben können. Für eine Anaphertheorie sind die Adverbien mit Pro-Charakter relevant, die in stellvertretender Funktion auftreten und vorerwähnte Elemente in verallgemeinerter

Form wieder aufnehmen. Während *Pronominaladverbien* wie **dazwischen** oder **danach** einen geringen Grad der Verallgemeinerung und einen größeren Informationsgehalt aufweisen, vermitteln die *Pro-Adverbien* wie **dort** oder **dann** gewöhnlich nur allgemeine kategoriale Informationen, nämlich daß der Diskursreferent eine Raum- beziehungsweise eine Zeiteinheit ist.

Ein Abgrenzungsproblem ergibt sich gegenüber den Konjunktionen. In [Grundzüge 81] werden Formen wie **aber** und **trotzdem** als homonym eingestuft, da sie sowohl als Adverbien mit satzverflechtender semantischer Funktion, als auch als Konjunktionen mit syntaktisch koordinierender/subordinierender Funktion auftreten. Nur in ihrer Funktion als Adverbien können sie dann anaphorisch verwendet werden, als Konjunktionen sind sie nicht anaphorisch.

Eine ausführliche Untersuchung zu *Vorkommen und Verwendung der adverbialen Proformen im Deutschen* bietet [Rüttenauer 78]. Rüttenauer stellt zunächst fest, daß es keine einheitliche Verwendung der Termini Pronominaladverb oder Pro-Adverb gibt, und definiert dann selbst:

Eine adverbiale Proform ist ein Wort, das als Proform vorkommen kann und das sich syntaktisch wie ein Adverbial verhält.
[Rüttenauer 78, S. 3]

Rüttenauer weist darauf hin, daß obwohl die Bedeutung adverbialer Proformen im allgemeinen klar ist, die exakte Bestimmung des Antezedens mitunter Probleme aufwerfen kann. Diese Probleme hängen meines Erachtens mit der Referenzproblematik und der Beziehung zwischen Ereignissen und Sachverhalten zusammen.

- (68) Unter den Bäumen waren übrigens drei durchsichtige, wie sie in Mandala wuchsen. Darüber freute sich die kleine Prinzessin besonders. E240
- (69) Sie wuschen sich gründlich die Hände, die von der Arbeit mit dem Teer ziemlich schmutzig geworden waren. Dazu benutzten sie natürlich die besondere Lokomotivführerseife von Lukas. E283

Obleich in beiden Texten der gesamte Vorgängersatz als Antezedens fungiert, referiert die Anapher **darüber** auf den durch diesen referierten Sachverhalt, während **dazu** auf das durch die Verbalphrase referierte Ereignis referiert.

Ein spezifisches Phänomen des Französischen ist die anaphorische Verwendbarkeit der Pronominaladverbien **en** und **y**. Während die meisten Pronomen lediglich auf Antezedenten bestimmter syntaktischer Kategorien anaphorisch Bezug nehmen können, sind **en** und **y** beinahe universell

verwendbar.¹⁷ Ein wesentlicher Unterschied zwischen *en* und *y* besteht dabei darin, daß *y* nur in Identitätsanaphern verwendet werden kann, während *en* auch in Substitutionsanaphern vorkommt [Pinchon 72, S. 43].¹⁸

Komplexe Präpositionalphrasen: Präpositionalphrasen wie *zu diesem Zweck* oder *zu dieser Zeit* können ähnlich wie komplexe Nominalphrasen anaphorisch verwendet werden. Es liegt daher nahe, in diesem Fall von definiten Präpositionalphrasen zu sprechen.

- (70) Meistens saß er mit seiner Krone auf dem Kopf in einem Schlafrock aus rotem Samt und mit schottisch karierten Pantoffeln an den Füßen in seinem Schloß und telefonierte. Zu diesem Zweck hatte er ein großes, goldenes Telefon. E10
- (71) Rundherum wuchs frisches saftiges Grün, und mehrere Palmen und Obstbäume hoben ihre Wipfel in den Wüstenhimmel. Unter diesen Bäumen lag ein niedriges, blitzsauberes, weißes Häuschen mit grünen Fensterläden. E133

Wie die Beispielsätze in diesem Abschnitt gezeigt haben, können sich Präpositionalphrasen anaphorisch auf Nominalphrasen, Verbalphrasen, Präpositionalphrasen und Sätze beziehen. Als Referenten kommen dementsprechend auch Dinge, Ereignisse, Orte, Zeiten und Sachverhalte in Frage. Vom referentiellen Standpunkt muß dabei geklärt werden, welche Funktion der Präposition zukommt. So hat etwa die Präpositionalphrase *unter diesen Bäumen* einen Diskursreferenten, der eine Raumeinheit ist, was sich aus der Präposition *unter* ergibt. Demgegenüber ist fraglich, ob man Präpositionalphrasen wie *mit dem Hammer* einen eigenen Diskursreferenten zuordnen soll, oder ob es hier angebrachter ist zu sagen, daß die Nominalphrase *der Hammer* referiert und die Präposition *mit* die Beziehung angibt, in der dieser Diskursreferent zu anderen Diskursreferenten steht. Dieses Problem betrifft das Zusammenspiel zwischen struktureller und referentieller Repräsentation und kann an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden.

Sätze

Mithilfe der Pronomen *das* und *es* kann auf Antezedenssätze anaphorisch Bezug genommen werden:

¹⁷Zur Einteilung der Pronomen in Abhängigkeit von der syntaktischen Kategorie des Antezedens siehe [Pinchon 72, S. 25].

¹⁸Bei Pinchon lauten die entsprechenden Termini *représentation complète* (Identitätsanapher) und *représentation conceptuelle* (Substitutionsanapher).

- (72) Daß sie beide durch ihren Sieg über den Drachen und dadurch, daß sie ihn nicht getötet hatten, die Urheber dieser wunderbaren Verwandlung waren, das konnten sie kaum glauben. Und doch war es nicht zu bezweifeln. E421

Da Verben wie *glauben* und *bezweifeln* als Argument einen Satz erwarten, ist es sinnvoll, auch die Anaphern in diesem Beispieltext syntaktisch als Sätze zu klassifizieren. Hinsichtlich der Referenz von Sätzen werden unterschiedliche Auffassungen vertreten. Während ich davon ausgehe, daß Sätze auf Sachverhalte referieren, werden in [Vater 90] Ereignisse als Referenten von Sätzen vorgeschlagen.¹⁹

Adjektive

Als Proadjektive können nach [Vater 75] im Deutschen die Wortformen *solcher* und *so* ein verwendet werden.

- (73) Die einzige Möglichkeit, Emma wieder an die Wasseroberfläche zu bringen, war, mit ihr zu einer Insel zu fahren, deren Strand unter Wasser vom Meeresgrund aus so sanft anstieg, daß die Seepferdchen die Lokomotive hinaufziehen konnten. Sursulapitschi kannte eine solche Insel. E401
- (74) "Natürlich war eine List dabei", erklärte Jim, "sonst hätt' ich die 'Wilde 13' niemals besiegt." Und dann erzählte er, wie er es angefangen hatte. Als er zu Ende war, schwiegen alle staunend. Nur einer der Piraten murmelte: "Teufel auch, so einen Kerl hätten wir als Hauptmann haben sollen, dann hätten wir's noch weit gebracht." E467

Diese Beispiele zeigen, daß Adjektivanaphern auf sehr komplexe Antezedenten anaphorisch Bezug nehmen können.

Vater weist darauf hin, daß im Englischen auch ein prädikatives Adjektiv als Antezedens in einer Substitutionsanapher verwendet werden kann, was im Deutschen nicht möglich sei [Vater 75, S. 40]:

- (75) Mr. Miller is very kind and so is his wife.
- (76) * Herr Müller ist sehr freundlich und so ist seine Frau.

Das folgende Beispiel zeigt aber, daß unter bestimmten Umständen auch auf prädikative Adjektive anaphorisch Bezug genommen werden kann:

- (77) "Es muß hübsch sein, wenn man so viele Freunde hat."
"Ja", sagte Lukas schmunzelnd, "das ist es, nicht wahr, Jim?" E268

¹⁹Siehe hierzu auch die Repräsentationbeispiele in Abschnitt 5.2.

Im vorangegangenen Abschnitt hatte ich die ontologische Kategorie der Eigenschaften als Referenzbereich der Adjektive charakterisiert. Dies entspricht auch der semantischen Charakterisierung der Adjektive in [Grundzüge 81, S. 601].

3.4 Beziehung zwischen Antezedens und Anapher

Während sich die bisher behandelten Klassifikationskriterien auf eine lokale Eigenschaft der Anapher bezogen, kann auch die Beziehung zwischen Antezedens und Anapher zur Klassifikation verwendet werden. Die Unterscheidung der vier Anaphertypen in Abschnitt 2.1 ist ein Beispiel für eine solche Klassifikation. Die Beziehung kann dabei zwischen den Ausdrücken oder zwischen deren Bedeutungen oder Referenten bestehen.

Beziehung zwischen Antezedens- und Anaphernreferent

Im wesentlichen lassen sich drei Beziehungen zwischen Antezedens- und Anaphernreferent unterscheiden. In Identitätsanaphern sind beide Referenten identisch und in Substitutionsanaphern sind sie vom gleichen Typ. In der Literatur werden daher auch die Bezeichnungen *identity of reference* oder *token identity* und *identity of sense* oder *type identity* verwendet. Neben diesen logischen Beziehungen können in Kontiguitätsanaphern aber auch konkrete Beziehungen wie zum Beispiel eine Teil/Ganzes Beziehung zwischen den Diskursreferenten bestehen:

- (78) Das Felsentor, aus dem sie vor ein paar Minuten gekommen waren, befand sich am Fuße eines gewaltigen Gebirges, das sich quer durch das Land zog. Jeder einzelne Gipfel war rot und weiß gemustert. E193

In [Webber 79, I.4] werden einige Beispiele angeführt, die die möglichen Beziehungen zwischen beiden Referenten verdeutlichen (z.B. Menge/Element, Einzelding/generischer Typ). Eine Systematisierung der Beziehungen, sofern überhaupt möglich, muß sich allerdings zunächst an der ontologischen Kategorie der Referenten orientieren. Die von Webber angeführten Beispiele beziehen sich zumeist auf die Kategorie der Dinge; im Bereich der temporalen Anaphern stehen dagegen zeitliche Beziehungen zwischen den Referenten im Vordergrund.

Beziehung zwischen Antezedens- und Anaphernbedeutung

Statt die Beziehung zwischen Antezedens- und Anaphernreferent zu betrachten, kann man natürlich auch die Beziehung zwischen den jeweiligen Bedeu-

tungen untersuchen. Von Interesse sind dabei jedoch nur Identitätsanaphern, da in den anderen Fällen natürlich beliebige Beziehungen vorliegen können.

Im einfachsten Fall sind Antezedens und Anapher *synonym*, beide Ausdrücke haben also dieselbe Bedeutung:

- (79) Jetzt war auf einmal mein ganzer Mut von vorher verschwunden, und ich weinte so, daß meine Spielschürze ganz naß wurde, und ich bat die Männer mich doch wieder frei zu lassen. Aber die Kerle kümmerten sich überhaupt nicht mehr um mich. E198

Da natürliche Sprachen nur wenige Synonyme enthalten, muß, wenn Wiederholung von Wortformen vermieden werden soll, auf *Hyperonymie* zurückgegriffen werden.²⁰ Da der Referent bereits bekannt ist, kann mit einer allgemeineren Bezeichnung auf ihn referiert werden:

- (80) Als Emma vor ihm stehenblieb, streckte das Scheusal ruckartig seine Halsspirale aus und betrachtete die Lokomotive von allen Seiten. Dabei brauchte es weder aufzustehen noch herumzugehen. Das war das Praktische an diesem schlauchartigen Körperteil. E162

Da ich den Pro-Formen sehr allgemeine Bedeutungen zuordne, liegt auch in pronominalen Identitätsanaphern Hyperonymie vor.

Während im Falle von Synonymie oder Hyperonymie systematische Beziehungen zwischen Antezedens- und Anaphernbedeutung vorliegen, gibt es Fälle, in denen die Beziehung stark kontextabhängig ist, auf allgemeines Weltwissen zurückgeführt werden kann oder die Einstellung des Sprechers zum Diskursreferenten deutlich macht. Letzteres ist besonders offensichtlich bei der Verwendung sogenannter *Epitheta* (vgl. etwa [Hirst 81, 2.3.3]):

- (81) Langsam, ganz langsam rollte die Lokomotive auf die beiden rotglühenden Fußbälle zu. Sie gehörten zu einem Drachen, dessen Leib etwa dreimal so groß und so dick war wie Emma. Er hatte einen widerlichen langen Hals, der zu einer Spirale geringelt auf seinen Schultern lag. Darauf saß ein Kopf von der Größe und Form einer Kommode. Das Scheusal hockte aufrecht mitten auf dem Weg. E162

Auf allgemeines Weltwissen wird zurückgegriffen, wenn bestimmte Eigenschaften des Diskursreferenten zur Bildung kennzeichnender Ausdrücke verwendet werden (z.B. der Leimener oder der Wimbledongewinner).²¹

²⁰Cornish sieht die Asymmetrie der Hyperonymie als einen Grund für die häufigere Verwendung im Vergleich zu Synonymen, da sie auf die asymmetrische Abhängigkeit verweist, die ein Kennzeichen anaphorischer Bezüge ist [Cornish 86, S. 20].

²¹Vergleiche hierzu auch die Beispiele in [Cornish 86, Kap. 2.2.3/4].

Grammatische Beziehung zwischen Antezedens und Anapher

Textanaphern und satzinterne Anaphern: Eine auf den ersten Blick triviale Unterscheidung unterteilt anaphorische Bezüge in *satzinterne Anaphern* (Antezedens und Anapher gehören demselben Satz an) und *Textanaphern* (Antezedens und Anapher befinden sich in unterschiedlichen Sätzen). Die Unterscheidung ist aber aus zwei Gründen von Interesse: zum einen beschränken sich viele Ansätze, insbesondere im syntaktischen Bereich (z.B. Transformationsgrammatik und Rektions- und Bindungstheorie) explizit auf satzinterne Anaphern.²² Für die vorliegende Arbeit ist jedoch die Tatsache wichtiger, daß Textanaphern bestimmte Anforderungen an die logische Form stellen. Geht man von einer satzweisen Verarbeitung des Textes aus, so muß gewährleistet werden, daß Information aus vorangegangenen Sätzen bei der Verarbeitung eines Satzes zugänglich ist.²³

Tiefen- und Oberflächenanaphern: Hankamer und Sag unterscheiden in [Hankamer, Sag 76] zwischen Tiefen- und Oberflächenanaphern. Zur Motivation dieser Unterscheidung stellen sie zwei Hauptströmungen der Anaphertheorie gegenüber: während die *Transformationsposition* davon ausgeht, daß in den Tiefenstrukturen keine Anaphern, sondern nur volle lexikalische Formen auftreten, sind nach der *Interpretationsposition* bereits in der Tiefenstruktur anaphorische Elemente enthalten.²⁴ Da gegen beide Positionen syntaktische Argumente angeführt werden können, schlagen Hankamer und Sag eine gemischte Theorie vor, die anaphorische Bezüge in zwei Klassen teilt. Im Falle von *Oberflächenanaphern* wird die Anapher erst durch Transformationen erzeugt und ist in der Tiefenstruktur noch nicht vorhanden. Bei *Tiefenanaphern* enthält dagegen bereits die Tiefenstruktur die entsprechenden Anaphern.

(...) anaphoric processes are of two kinds, with quite different properties: one, which we will ultimately call “deep” anaphora, which allows pragmatic control and has other properties indicating that the anaphoric relation is determined at an essentially presyntactic level; and another, which we will ultimately call “surface” anaphora, which requires a coherent syntactic antecedent

²²Es wird in diesem Zusammenhang sogar behauptet, daß Reflexiv- und Reziprokpronomen nur in satzinternen Anaphern vorkommen können. Nach Sugamoto trifft diese Behauptung für das japanische Reflexivpronomen *jibun* aber nicht zu [Sugamoto 89, S. 282f].

²³Diese Frage wird in Abschnitt 5.4 in Zusammenhang mit der strukturellen Adäquatheit der terminologischen Logiken eingehender behandelt.

²⁴Diese Überlegungen lassen sich von der Tiefenstruktur auch auf logische Formen übertragen. Sie verweisen darüberhinaus auf die Äußerungen Ockhams zur mentalen Sprache oder Bloomfields zur ersten Sprache.

in surface structure and otherwise behaves as a purely superficial syntactic process. [Hankamer, Sag 76, S. 392]

Diese Unterteilung beruht natürlich auf den Grundannahmen der Transformationsgrammatik und läßt sich nicht ohne weiteres auf meinen Ansatz übertragen. Es gibt jedoch gewisse Korrespondenzen zwischen Oberflächen- und Substitutionsanaphern. Für bestimmte Substitutionsanaphern kann nämlich argumentiert werden, daß sie bereits bei der strukturellen Desambiguierung aufgelöst werden und daher keine Anaphern im eigentlichen Sinne sind.

Bindungs- und Referenzanaphern: Bindungsanaphern unterscheiden sich von den anderen drei Typen anaphorischer Bezüge dadurch, daß das Antezedens kein referierender, sondern ein quantifizierender Ausdruck ist. Tanya Reinhart hält diese Unterscheidung für fundamental und schlägt vor, lediglich Bindungsanaphern innerhalb der Syntaxtheorie zu behandeln, da die anderen anaphorischen Bezüge auf semantischen und pragmatischen Faktoren beruhen [Reinhart 83, S. 80]. Das nächste Kapitel wird sich ausführlich mit Bindungsanaphern beschäftigen. Da dort allerdings nur künstliche Beispielsätze verwendet werden, möchte ich an dieser Stelle noch einige Texte aus meinem Korpus anführen, die zeigen sollen, daß Bindungsanaphern keine theoretischen Konstrukte sind:

- (82) Die Absender waren Kinder, und manche, die noch nicht selbst schreiben konnten, so wie Jim, hatten ihren Brief jemandem diktiert oder ihn einfach gemalt. E267
- (83) Früher sind hier manchmal Schiffe gefahren, die vom rechten Kurs abgekommen waren. Dann gab es für sie keine Rettung und kein Entrinnen mehr. (...) Wenn sie aber zu wenden und davonzufahren versuchten, dann zog der Magnet alle Nägel und Eisenteile aus dem Schiff heraus, so daß es in lauter Stücke zerfiel und jämmerlich unterging. E300f
- (84) Außerdem hatte jeder einen großen Humpen, den er aus einem Branntweinfäß nachfüllte, wenn er leer war. E455

Wie sich im nächsten Kapitel zeigen wird, unterliegen auch einige Bindungsanaphern semantischen und pragmatischen Faktoren.

Syntaktische, Semantische und Pragmatische Anaphern: Eine letzte mögliche Typisierung anaphorischer Bezüge bezieht sich auf die Information, die zur Anaphernresolution verwendet werden muß. Eine solche

Klassifikation setzt natürlich eine klare Unterscheidung zwischen Syntax, Semantik und Pragmatik voraus. Da in der Literatur diesbezüglich sehr unterschiedliche Konzeptionen verwendet werden ist, auch die darauf aufbauende Klassifikation hoffnungslos uneindeutig.²⁵ Die zur Anaphernresolution verwendbare Information behandle ich in Abschnitt 5.4.

3.5 Zusammenfassung und Auswertung

Die ontologische Kategorisierung von Diskursreferenten hat sich aus mehreren Gründen als problematisch für eine Theorie anaphorischer Bezüge erwiesen. Zum einen betont die in dieser Arbeit vorgeschlagene Anapherndefinition den referentiellen Charakter anaphorischer Bezüge. Aus diesem Grund müssen bei der semantischen Repräsentation die durch die Anaphern referierten Diskursreferenten und deren Beziehungen zu den Antezedensreferenten semantisch adäquat repräsentiert werden. Dies setzt aber voraus, daß die charakteristischen Eigenschaften der ontologischen Kategorien bekannt sind und formal repräsentiert werden können. In dieser Hinsicht besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Zum anderen muß die Beziehung zwischen syntaktischen und ontologischen Kategorien genauer untersucht werden. Insbesondere die Referenz von Präpositionalphrasen, Verbphrasen und Sätzen und der Zusammenhang zwischen Ereignissen, Sachverhalten und Propositionen bedarf eingehender Untersuchung.

Im vorigen Kapitel hatte ich als wesentliche Schritte der Anaphernverarbeitung die Erkennung, die Resolution und die Repräsentation unterschieden. Die in diesem Kapitel vorgestellten Klassifikationskriterien unterscheiden sich nun hinsichtlich ihrer Beziehung zu diesen Verarbeitungsschritten. Während lexikalische Realisierung und syntaktische Kategorie der Anapher unabhängig von einer Anaphernverarbeitung überprüft werden können, ergeben sich die ontologische Kategorie, die syntaktische Kategorie des Antezedens und die Beziehung zwischen Antezedens und Anapher in einigen Fällen erst als Resultat dieser Verarbeitung.

Um die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kriterien systematisch zu erfassen und für die Anaphernverarbeitung nutzbar zu machen, können Regeln der Form $\text{kriterium}_1 : \text{wert}_1 \rightarrow \text{kriterium}_2 : \text{wert}_2$ aufgestellt werden. In den meisten Fällen können diese Regeln allerdings nicht als strikt interpretiert werden, da sie Ausnahmen zulassen. Beispiele für solche Regeln sind etwa die folgenden:

$$\begin{array}{l} \text{lexem} : \text{dort} \rightarrow \text{referent} : \text{raum} \\ \text{lexikalische realisierung} : \text{pro-form} \rightarrow \text{anapherntyp} : \neg \text{kontiguität} \end{array}$$

²⁵Dies zeigt etwa der Überblick in [Carter 87, 2.3].

lexikalische realisierung : null-element → anapherntyp : id ∨ subst
syntaktische kategorie : satz → referent : sachverhalt

Eine ausführliche Regelmengende, die umfangreiche empirische Untersuchungen voraussetzt, kann dann zur Unterstützung der Anaphernresolution verwendet werden, da mit ihrer Hilfe die Menge der Antezedenskandidaten eingeschränkt werden kann.

Kapitel 4

Anaphorische Bezüge in Semantikformalismen

In diesem Kapitel werde ich einige Ansätze zur semantischen Repräsentation anaphorischer Bezüge vorstellen und diskutieren. Zur Bewertung der einzelnen Ansätze werde ich die Adäquatheitskriterien aus Kapitel 1 verwenden. Das Interesse der logisch-linguistischen Semantik richtet sich dabei in erster Linie auf Bindungsanaphern, die in dieser Arbeit bisher nur am Rande behandelt wurden.

4.1 Nicht-referierende Antezedenten

Bei meiner Definition in Kapitel 2 hatte ich den Rückgriff der referentiellen Desambiguierung auf das Antezedens als charakteristisches Kriterium anaphorischer Bezüge angeführt. Aus dieser Definition ergab sich die Konsequenz, daß jede Anapher einen Referenten hat. Im folgenden untersuche ich nun drei Fälle, in denen die Existenz eines Antezedensreferenten zweifelhaft ist und in denen daher auch die Existenz eines Anaphernreferenten angezweifelt wird.

Indefinite Ausdrücke

Nach Russell sind indefinite Nominalphrasen nicht als referierende Ausdrücke, sondern als quantifizierende Ausdrücke zu interpretieren. In der Diskussion um diese These spielen Beispielsätze wie die folgenden eine Rolle:¹

(85) Hans hat einen Hund als Haustier und Ingo hat einen Hund als Haustier.

(86) Es stimmt nicht, daß ein Hund im Garten war.

¹Diese Sätze sind Übersetzungen der in [Heim 82] verwendeten Beispiele.

- (87) Jedes Kind hatte einen Hund.
- (88) Ein Hund war im Garten. Er war über den Zaun gesprungen.
- (89) A: Ein Mann fiel aus dem Fenster. B: Er fiel nicht, er sprang.

Satz 85 soll nach Russell zeigen, daß indefinite Nominalphrasen nicht referieren können, da sonst Hans und Ingo denselben Hund als Haustier haben müßten. Heim weist dieses Argument zu Recht zurück, da nicht behauptet wird, daß identische Ausdrücke auch denselben Referenten haben. Schwerwiegender sind dagegen Beispiele 86 und 87, in denen die indefiniten Nominalphrasen tatsächlich keinen Referenten zu haben scheinen. Satz 88 zeigt dagegen, daß indefinite Nominalphrasen als Antezedenten in Identitätsanaphern auftreten können, was für eine referentielle Interpretation spricht. Beispiel 89 soll verdeutlichen, daß Teile der Referentenbeschreibung negiert werden können, was mit einer quantifizierenden Interpretation nicht repräsentiert werden kann.

Fodor und Sag schlagen vor, prinzipiell zwischen einer referentiellen und einer quantifizierenden Interpretation indefiniter Nominalphrasen zu unterscheiden [Fodor, Sag 82]. Sie führen dann sieben Faktoren an, die jeweils eine der beiden Interpretationen nahelegen. Diese Faktoren sind zum einen hochgradig kontextabhängig, zum anderen deuten sie nur auf eine der beiden Interpretationen hin, können aber nicht als scharfe Bedingungen aufgefaßt werden.

Quantifizierende Ausdrücke

Quantifizierende Ausdrücke bilden eine weitere Klasse von Ausdrücken, die als Antezedens in anaphorischen Bezügen auftreten, ohne daß offensichtlich ist, ob sie einen Referenten besitzen.² Die prototypischen Beispiele für quantifizierende Ausdrücke sind Nominalphrasen, die die Lexeme *jeder* oder *kein* enthalten. In den logischen Formen werden dann die entsprechenden prädikatenlogischen Quantoren verwendet:

- (90) Jeder Vater liebt seine Töchter.
- (91) $\forall x \forall y [\text{Vater}(x) \wedge \text{hat tochter}(x, y) \rightarrow \text{liebt}(x, y)]$
- (92) Kein Vater schlägt seine Töchter.
- (93) $\neg \exists x \exists y [\text{Vater}(x) \wedge \text{hat tochter}(x, y) \wedge \text{schlägt}(x, y)]$

Barwise und Cooper kritisieren diese Art der Repräsentation:

²Nach Russells Interpretation gehören natürlich auch die indefiniten Ausdrücke zu den quantifizierenden Ausdrücken.

The quantifiers of standard first-order logic (as presented in elementary textbooks) are inadequate to treat quantified sentences of natural languages in at least two respects. First, there are sentences which simply cannot be symbolized in logic which is restricted to the first order quantifiers \forall and \exists . Second, the syntactic structure of first-order sentences in predicate calculus is completely different from the syntactic structure of quantified sentences in natural language. [Barwise, Cooper 81, S. 159]

Das erste Argument betrifft die semantische Vollständigkeit des Repräsentationsformalismus: quantifizierte Ausdrücke wie **die meisten Deutschen** oder **einige Radfahrer** können nicht adäquat repräsentiert werden. Das zweite Argument zielt auf die strukturelle Adäquatheit des Formalismus: die Struktur der logischen Formen entspricht nicht der Struktur der natürlichsprachlichen Sätze.

Barwise/Cooper schlagen daher vor, **alle**, **einige**, **die meisten** nicht als Quantoren, sondern als Determinatoren zu behandeln, die erst in Verbindung mit einem Nomen einen Quantor bilden. Die in den folgenden Beispielen verwendete Notation faßt die *Restriktoren* (z.B. **Deutsche**) mit den *Determinatoren* (z.B. **die meisten**) zu quantifizierenden Ausdrücken zusammen, die dann mit *gebundenen Ausdrücken* (z.B. **trinken Bier**) eine logische Form ergeben.

(94) [Die meisten [Deutschen]][trinken Bier]

(95) [Einige [Radfahrer]][haben auch ein Auto]

(96) [Alle [Elephanten]][haben einen Rüssel]

Für quantifizierte Ausdrücke, die **kein**, **ein**, **jeder** oder **alle** enthalten, werde ich in diesem Kapitel trotzdem die traditionelle prädikatenlogische Notation verwenden, da diese vertrauter ist.

Gebundene Ausdrücke

In Beispiel 87 hatten wir gesehen, daß indefinite Nominalphrasen die in gebundenen Ausdrücken auftauchen, keinen Referenten zu haben scheinen. Trotzdem können diese gebundenen Nominalphrasen als Antezedenten auftreten:

(97) [Einige [Radfahrer]][haben auch ein Auto], sie benutzen es aber nur selten.

In diesem Beispielsatz sollte **ein Auto** daher als quantifizierender Ausdruck und **es** als Bindungsanapher interpretiert werden. Aus dieser Interpretation

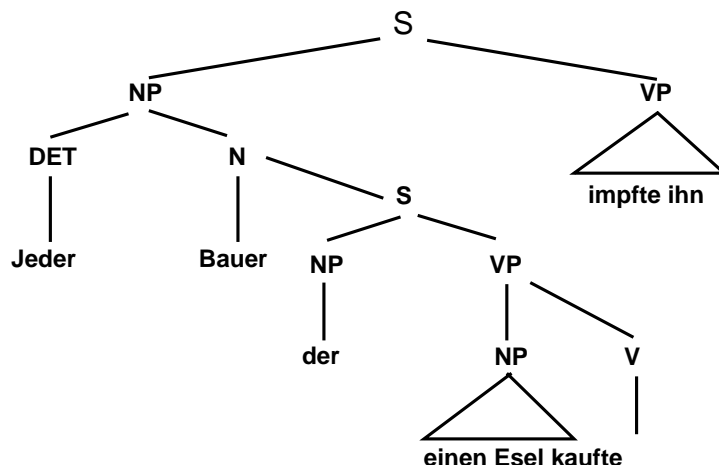


Abbildung 4.1: Die syntaktische Struktur von Satz 98.

ergibt sich ein Problem, das in der Literatur zumeist anhand sogenannter *Eselsätze* diskutiert wird. In den Eselsätzen kommt ein gebundenes Pronomen vor, das außerhalb des Skopus des quantifizierenden Ausdrucks liegt, da dieser sich in einem Relativ- oder Konditionalsatz befindet:

(98) Jeder Bauer, der einen Esel kaufte, impfte ihn.

Eine mögliche syntaktische Repräsentation dieses Satzes ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Es wird nun allgemein angenommen, daß der Skopus eines quantifizierenden Ausdrucks diejenigen Ausdrücke umfaßt, die er *c-kommandiert*. Vereinfacht ausgedrückt sind das alle Ausdrücke, die unter dem Knoten hängen, der direkt über diesem Ausdruck steht.³ So *c-kommandiert* etwa jeder Bauer den Ausdruck *der*, aber ein Esel *c-kommandiert ihn* nicht.

Die naheliegende logische Form für den obigen Beispielsatz enthält dementsprechend auch eine freie Variable y und ist somit semantisch nicht korrekt:

(99) $\forall x[\text{Bauer}(x) \wedge \exists y[\text{Esel}(y) \wedge \text{kaufte}(x, y)] \rightarrow \text{impfte}(x, y)]$

Ich werde daher im folgenden terminologisch zwischen *gefangenen* und *freien* Bindungsanaphern unterscheiden. In freien Bindungsanaphern befindet sich die Anapher außerhalb des Antezedensskopus, in gefangenen innerhalb.

³Ein Ausdruck α *c-kommandiert* einen Ausdruck β ($\alpha \neq \beta$) genau dann, wenn jeder verzweigende Knoten γ , der α dominiert, auch β dominiert und α β nicht dominiert (vgl. [Fanselow, Felix 87, S. 97]).

Problemaspekte und Lösungsvorschläge

Aus den bisherigen Überlegungen über Bindungsanaphern ergeben sich nun zwei Fragestellungen. Zum einen muß geklärt werden, ob indefinite Ausdrücke immer als quantifizierende Ausdrücke zu interpretieren sind. Zum anderen müssen freie Bindungsanaphern adäquat behandelt werden. Ich werde mich im folgenden im wesentlichen auf die freien Bindungsanaphern konzentrieren und die Interpretation indefiniter Ausdrücke nur am Rande behandeln.

In der Literatur werden im Zusammenhang mit freien Bindungsanaphern drei Fragen diskutiert:

1. Welche Antezedenten können in freien Bindungsanaphern auftreten?
2. Wie werden freie Bindungsanaphern semantisch adäquat repräsentiert?
3. Wie werden freie Bindungsanaphern strukturell adäquat repräsentiert?

Die folgenden Beispielsätze sollen zeigen, daß negierende und universell- und existentiell quantifizierende Ausdrücke in freien Bindungsanaphern vorkommen können und daß es vom jeweiligen Kontext abhängt, ob ein anaphorischer Bezug möglich ist:⁴

- (100) Jeder Deutsche, der einen Manta_{*i*} fährt, wäscht ihn_{*i*} regelmäßig.
- (101) ? Ich habe vergessen, einen Ersatzkanister_{*i*} mitzunehmen. Er_{*i*} steht noch in der Garage.
- (102) Jeder Spieler_{*i*} erhält drei Steine. Er_{*i*} kann sie beliebig auf dem Spielfeld verteilen.
- (103) Falls es Dir gelingt, alle Folgen von Twin Peaks_{*i*} aufzunehmen, komme ich mal vorbei, um sie_{*i*} mir anzusehen.
- (104) * Jeder Student_{*i*} löste das Übungsblatt. Er_{*i*} brauchte dazu höchstens zwei Stunden.
- (105) Wenn Du kein Fahrrad_{*i*} hast, kann es_{*i*} Dir auch nicht gestohlen werden.
- (106) * Hans hatte kein Fahrrad_{*i*}. Es_{*i*} stand im Keller.

Hinsichtlich der semantischen Adäquatheit kann auf [Schubert, Pelletier 89] verwiesen werden, wo sieben mögliche Interpretationen eines Eselsatzes aufgelistet werden, von denen drei für unseren Zusammenhang relevant sind:

⁴In diesem Kapitel folge ich der in der Literatur üblichen Konvention und markiere Antezedens und Anapher durch den Index *i*.

- (107) Wenn Pedro einen Esel hat, wird er ihn morgen ins Dorf reiten.
- (108) Universell: Pedro wird jeden Esel, den er besitzt, morgen ins Dorf reiten.
- (109) Definit: Wenn Pedro einen Esel besitzt, wird er den Esel, den er besitzt, morgen ins Dorf reiten.
- (110) Indefinit: Wenn Pedro einen Esel besitzt, wird er irgendeinen Esel, den er besitzt, morgen ins Dorf reiten.

Nach Schubert und Pelletier ist die indefinite Interpretation die naheliegende, während die definite oder die universale Interpretation, die, wie sich im folgenden zeigen wird, in der Literatur zumeist angenommen werden, nicht unserer sprachlichen Intuition entsprechen. Sie illustrieren diese Intuition anhand des folgenden Beispielsatzes:

- (111) Falls ich ein Markstück dabei habe, werfe ich es in die Parkuhr.

Nach der universalen Interpretation würde sich die Sprecherin mit diesem Satz dazu verpflichten, alle Markstücke, die sie dabei hat, in die Parkuhr zu werfen. Nach der definiten Interpretation, müßte sie nur dann ein Markstück in die Parkuhr werfen, wenn sie genau ein Markstück dabei hat. Nach der indefiniten Interpretation schließlich müßte sie, wenn sie mindestens ein Markstück dabei hat, irgendeines dieser Markstücke in die Parkuhr werfen. Die in der Literatur angeführten Beispielsätze zeigen, daß es vom Kontext abhängt, welche Interpretation als naheliegend betrachtet wird.⁵

Im folgenden Abschnitt werde ich zunächst einige Arbeiten vorstellen, die Vorschläge zur Repräsentation freier Bindungsanaphern enthalten. Die Diskussion in der Literatur geht dabei zumeist um die Frage der strukturellen Adäquatheit, während die Frage der semantischen Adäquatheit erst in den letzten Jahren in den Mittelpunkt rückt. In Abschnitt 4.3 werde ich dann untersuchen, wie freie Bindungsanaphern in den Formalismen der logisch-linguistischen Semantik behandelt werden.

4.2 Drei Repräsentationsvarianten

In diesem Abschnitt stelle ich drei Varianten zur Repräsentation freier Bindungsanaphern vor.⁶ *Bindungsansätze* repräsentieren das Antezedens als

⁵In den neueren Arbeiten zu freien Bindungsanaphern werden ähnliche Probleme im Zusammenhang mit asymmetrischen Interpretationen und ununterscheidbaren Diskursreferenten diskutiert. Vergleiche hierzu [Rooth 87], [Heim 90] und [Chierchia 90].

⁶Diese Ansätze befassen sich zumeist nur mit Pronominalanaphern, ihre Ergebnisse lassen sich meines Erachtens aber auf anaphorische Bezüge im allgemeinen übertragen. Ich werde daher in meiner Darstellung immer dort, wo die Autoren von Pronomen reden, die Bezeichnung Anapher verwenden.

Quantor und die Anapher als gebundene Variable, *Substitutionsansätze* ersetzen die Anapher durch eine definite Beschreibung und *Referenzansätzen* zufolge referieren Bindungsanaphern auf spezielle Diskursreferenten.

Bindungsansätze

Die erste Repräsentationsvariante betrachtet das Antezedens als Quantor und die Anapher als von ihm gebundene Variable. Dies ist bei freien Bindungsanaphern nur deswegen problematisch, weil die Anapher nicht im Skopus des Antezedens liegt und daher nicht von ihm gebunden werden kann. Egli gibt daher ein allgemeines Schema an, mit dem bestimmte Sätze mit quantifizierenden Ausdrücken so umgeformt werden können, daß die Anapher als gebundene Variable repräsentiert werden kann [Egli 79]. Smaby behandelt lediglich den Spezialfall, daß ein indefiniter Ausdruck seinen Skopus auf nachfolgende Sätze ausdehnt [Smaby 79]. Bei der nachfolgenden Darstellung dieser Ansätze orientiere ich mich im wesentlichen an der Zusammenfassung in [Heim 82, I.2.1].

Egli: Egli geht von der Tautologie $(\exists x[\phi] \rightarrow \psi) \leftrightarrow \forall x[\phi \rightarrow \psi]$ ⁷ aus. Aufgrund dieser Tautologie hat der folgende Beispielsatz zwei äquivalente logische Formen:

(112) Jeder Bauer, der einen Esel kaufte, war zufrieden.

(113) $\forall x[\text{Bauer}(x) \wedge \exists y[\text{Esel}(y) \wedge \text{kaufte}(x, y)] \rightarrow \text{war zufrieden}(x)]$

(114) $\forall x\forall y[\text{Bauer}(x) \wedge \text{Esel}(y) \wedge \text{kaufte}(x, y) \rightarrow \text{war zufrieden}(x)]$

Egli schlägt daher als Generalisierungsregel vor: Wenn

$$(Q_1x[\phi] \oplus \psi) \leftrightarrow Q_2x[\phi \oplus \psi]$$

tautologisch ist, kann ein Satz

$$(\dots Q'_1 \dots) \oplus' (\dots \text{Pronomen} \dots)$$

repräsentiert werden als

$$Q_2x[(\dots x \dots) \oplus (\dots x \dots)]$$

Diese Regel führt dazu, daß ein indefiniter Ausdruck in einem Wenn-Satz als universal-quantifizierender Ausdruck repräsentiert wird, der eine Anapher im Dann-Satz binden kann. Satz 98 wird also die folgende logische Form zugeordnet

(115) $\forall x\forall y[\text{Bauer}(x) \wedge \text{Esel}(y) \wedge \text{kaufte}(x, y) \rightarrow \text{impfte}(x, y)]$

⁷Diese und nachfolgende Tautologien gelten nur, wenn x nicht als freie Variable in ψ enthalten ist.

Mit dieser Repräsentation des indefiniten Ausdrucks **ein Esel** als universalquantifizierender Ausdruck wird die universale Interpretation gewählt.

Eine weitere Anwendung von Eglis Regelschema ergibt, daß ein indefiniter Ausdruck Anaphern in nachfolgenden Konjunkten bindet, da $(\exists x[\phi] \wedge \psi) \leftrightarrow \exists x[\phi \wedge \psi]$ tautologisch ist [Egli 79, S. 275].

Smaby: Smaby verwendet im Gegensatz zu Eglis Regelschema lediglich die einfache Regel, daß $\exists x[S_1] \wedge (\dots \text{Anapher} \dots)$ durch $\exists x[S_1 \wedge (\dots x \dots)]$ ersetzt werden kann [Smaby 79, S. 59]. Der Skopus des Existenzquantors kann sich jedoch nicht über Negation, Disjunktion oder einen Allquantor ausdehnen.⁸ Wenn-Dann-Sätze, die allgemein als $\phi \rightarrow \psi$ repräsentiert werden, werden von Smaby durch die äquivalente Formel $\neg(\phi \wedge \neg\psi)$ repräsentiert. Dadurch kann auch auf freie Bindungsanaphern in Eselsätzen seine Regel angewendet werden. Es ergibt sich dann die folgende logische Form für Satz 98:

$$(116) \quad \forall x[\neg(\text{Bauer}(x) \wedge \exists y[\text{kaufte}(x, y) \wedge \text{Esel}(y) \wedge \neg\text{schlägt}(x, y)])]$$

Auch diese logische Form repräsentiert die universale Interpretation.

Zusammenfassend sind für unseren Argumentationszusammenhang drei Aspekte der Bindungsansätze relevant. Zum einen beruhen Eglis und Smabys Vorschläge im wesentlichen auf einer strukturellen Modifikation der logischen Form, die durch das Auftreten einer freien Bindungsanapher ausgelöst wird. Dies ist insofern problematisch, als beim Auftreten einer Textanapher die logische Form des vorangegangenen Satzes modifiziert werden muß. Im Sinne einer satzweisen Verarbeitung von Texten ist aber eine Repräsentation strukturell adäquater, bei der die logische Form von bereits verarbeiteten Sätzen nicht nachträglich verändert werden muß.

Zum anderen beschränken sich beide Vorschläge auf die Behandlung freier Bindungsanaphern mit indefiniten Antezedenten. Andere quantifizierende Antezedenten werden dagegen zwar erwähnt, aber nicht explizit berücksichtigt (vgl. hierzu [Smaby 79, S. 58f;71] und [Egli 79, S. 275f]). Es liegt hier also ein Defizit hinsichtlich der semantischen Vollständigkeit der Vorschläge vor. Außerdem ist hierzu anzumerken, daß beide Vorschläge lediglich die universale, nicht aber die indefinite und die definite Interpretation berücksichtigen.

Substitutionsansätze

In Substitutionsansätzen wird vorgeschlagen, freie Bindungsanaphern durch definite Beschreibungen zu ersetzen. Motiviert wird dieses Vorgehen durch

⁸In dieser Hinsicht entspricht Smabys Ansatz dem Vorgehen in der dynamischen Montague-Grammatik, das weiter unten beschrieben wird.

die Behauptung, daß freie Bindungsanaphern referieren. So referiert etwa *ihn* im folgenden Beispielsatz auf den Esel, den Pedro besitzt:

(117) Wenn Pedro einen Esel besitzt, schlägt er ihn.

Die beiden nachfolgend vorgestellten Vorschläge von Evans und Neale unterscheiden sich hinsichtlich der Interpretation der Sätze, da unterschiedliche Beschreibungen für die Anapher substituiert werden.

Evans: Evans unterscheidet in [Evans 80] vier Arten von Pronomen, von denen die ersten drei allgemein anerkannt sind und die vierte seiner Meinung nach neu eingeführt werden sollte:

1. Deiktische Pronomen
2. Pronomen, die referenzidentisch mit ihrem Antezedens sind
3. Pronomen, die einen Quantor als Antezedens haben und von diesem gebunden werden
4. Pronomen, die einen Quantor als Antezedens haben, aber nicht von ihm gebunden werden (E-Pronomen)

Da diese Unterscheidung meiner Unterscheidung zwischen Identitätsanaphern und gefangenen und freien Bindungsanaphern entspricht, werde ich die Terminologie von Evans in der folgenden Darstellung durch meine eigene ersetzen.

Evans gibt zunächst einen Test an, mit dem festgestellt werden kann, ob eine Bindungsanapher gefangen ist oder nicht: kann der Antezedensausdruck durch einen negierten Ausdruck ersetzt werden, ohne daß der Satz bedeutungslos wird, ist die Anapher gefangen.⁹

(118) Einige Menschen haben Angst, wenn sie zum Zahnarzt gehen.

(119) Kein Mensch hat Angst, wenn er zum Zahnarzt geht.

(120) Einige Radfahrer haben auch ein Auto, sie benutzen es aber nur selten.

(121) * Kein Radfahrer hat auch ein Auto, er benutzt es aber nur selten.

(122) Jeder Bauer, der einen Esel kaufte, schlägt ihn.

(123) * Jeder Bauer, der keinen Esel kaufte, schlägt ihn.

⁹Im Deutschen muß dabei nach der Ersetzung ein Singularpronomen als Anapher verwendet werden.

Nach Evans kann dies damit erklärt werden, daß freie Bindungsanaphern im Gegensatz zu gefangenen einen Referenten haben. Als Referenten einer freien Bindungsanapher schlägt er nun die Diskursreferenten vor, die, wie er es ausdrückt, den Antezedensausdruck wahr machen. So referiert etwa *sie* in Satz 120 auf die Radfahrer, die auch ein Auto haben.¹⁰ Freie Bindungsanaphern können dann dahingehend aufgelöst werden, daß für die Anapher eine definite Beschreibung substituiert wird, die auf jene Diskursreferenten referiert, die den Antezedensausdruck wahr machen. Für die obigen Beispielsätze ergeben sich dann die folgenden Repräsentationen:

(124) Einige Radfahrer haben auch ein Auto, die Radfahrer, die auch ein Auto haben, benutzen es aber nur selten.

(125) Jeder Bauer, der einen Esel kaufte, schlägt den Esel, den er kaufte.

Diese Repräsentationen können aber nur dann als logische Formen aufgefaßt werden, wenn die definiten Beschreibungen eindeutig sind. Der Ausdruck *der Esel, den er kaufte* muß daher eindeutig auf einen Diskursreferenten referieren, woraus sich ergibt, daß nur die Bauern berücksichtigt werden können, die genau einen Esel gekauft haben. Diese Einschränkung wird im allgemeinen als *Einzigkeitsbedingung* bezeichnet und sie führt zur definiten Interpretation des Beispielsatzes.

In Analogie zur Einzigkeitsbedingung liegt im folgenden Satz nach Evans eine Totalitätsbedingung vor, die durch die logische Form auch erfaßt wird:

(126) Hans kaufte einige Schafe, und Ingo impfte sie.

(127) Hans kaufte einige Schafe, und Ingo impfte die Schafe, die Hans kaufte.

Die *Totalitätsbedingung* besagt, daß der Satz so zu interpretieren ist, daß Ingo *alle* Schafe impfte, die Hans gekauft hat.

Neale: Neale vertritt in [Neale 90] die These, daß Bindungsansätze, in denen indefinite Nominalphrasen als all-quantifizierte Ausdrücke repräsentiert werden, einer einheitliche Behandlung indefiniter Nominalphrasen widerspricht. Seiner Meinung nach hat nicht die indefinite Nominalphrase, sondern die Anapher universellen Charakter. Wie Evans sieht auch Neale die Anapher als Stellvertreter für die im Antezedens verwendete Beschreibung an. Aber im Gegensatz zu Evans möchte er in dieser Beschreibung keinen Anspruch auf Einzigkeit enthalten sehen. Er ersetzt daher den Quantor *der* durch den Quantor *wai* (werauchimmer), wobei $[\text{wai } x[Fx]][Gx]$ wahr ist, genau dann wenn $|F - G| = 0$ und $|F| \geq 0$. Bei Neale ergibt sich für unseren Eselsatz also die folgende logische Form:

¹⁰Für den Eselsatz läßt sich der Referent von ihm dagegen nicht so einfach beschreiben. In [Evans 80] werden Eselsätze interessanterweise auch nicht explizit erwähnt.

$$(128) \quad \forall x[\text{Bauer}(x) \wedge \exists y[\text{Esel}(y) \wedge \text{kaufte}(x, y)] \rightarrow [\text{wai } z[\text{Esel}(z) \wedge \text{kaufte}(x, z)]] \\ [\text{impfte}(x, z)]]$$

Der Quantorname **werauchimmer** deutet daraufhin, daß hier die definite Interpretation von Evans durch die indefinite Interpretation ersetzt wird. Dies ist aber nicht der Fall, da die Bedingung $|F - G| = 0$ dazu führt, daß alle Esel geimpft werden. Es liegt also hier wie in den Bindungsansätzen die universale Interpretation vor.

Die Substitutionsansätze haben gegenüber den Bindungsansätzen den Vorteil, daß die logische Form von Sätzen beim Auftreten von freien Bindungsanaphern in Folgesätzen nicht modifiziert werden muß. Darüberhinaus zeigen die Vorschläge von Evans und Neale, daß durch die Verwendung unterschiedlicher Quantoren in den definiten Beschreibungen unterschiedliche Interpretationen erfaßt werden.¹¹ Im Gegensatz zu den Bindungsansätzen ergibt sich für die Substitutionsansätze allerdings ein zusätzlicher Desambiguierungsaufwand, da die geeignete Substitution für die Anapher konstruiert werden muß. Außerdem werden in den Substitutionsansätzen gefangene und freie Bindungsanaphern unterschiedlich, in den Bindungsansätzen hingegen einheitlich repräsentiert.

Referenzansätze

Referenzansätze gehen davon aus, daß auch Bindungsanaphern referieren und ordnen ihnen spezielle Diskursreferenten zu. Wilson und King vergleichen die Verwendung von Anaphern in natürlichen Sprachen mit der Verwendung von Parametern in *Systemen der natürlichen Ableitung* und schlagen vor, deren Semantik auf die Behandlung von Bindungsanaphern zu übertragen.

Wilson: Wilson knüpft in [Wilson 84] an die Betrachtungen von Evans zu freien Bindungsanaphern an und weist dessen Einzigkeits- und Totalitätsbedingungen zurück, da beispielsweise der folgende Satz nicht widersprüchlich ist:

$$(129) \quad \text{Hans kaufte einige Schafe, und Ingo impfte sie, aber zur selben Zeit kaufte Hans einige andere Schafe, und Ingo impfte diese nicht.}$$

Wilson schlägt darüberhinaus vor, freie Bindungsanaphern in Analogie zu Parametern in natürlichen Ableitungen zu sehen.¹² Auch in diesem Kalkül ist

¹¹Auf diesen Überlegungen beruht mein Vorschlag zur Repräsentation freier Bindungsanaphern in Abschnitt 5.3.

¹²Wilson weist in seiner Arbeit explizit darauf hin, daß nicht nur Pronomen, sondern auch komplexe Nominalphrasen in Bindungsanaphern auftreten können [Wilson 84, S. 21ff].

Jeder Polizist kennt einen Informanten

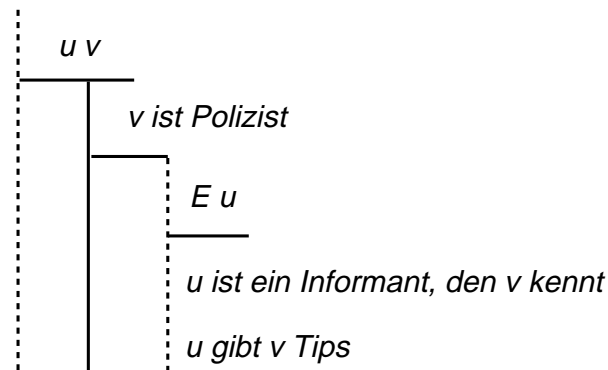


Abbildung 4.2: Kings Repräsentation für Satz 130.

nur über den Kontext festzustellen, ob ein Parameter existenz- oder allquantifiziert zu interpretieren ist. So kann die Formel $P(a)$ interpretiert werden als “es gibt mindestens ein Objekt, das P ist”, oder als “jedes Objekt ist P ”, je nachdem, ob der Parameter a aufgrund einer existentialen oder einer universalen Einsetzung erzeugt wurde. Ähnlich können Pronomen als er^E oder als er^U repräsentiert werden, je nachdem, ob sie einen Existenz- oder einen Allquantor als Antezedens haben.

Wilson gibt in seiner Arbeit für keinen einzigen Beispielsatz eine explizite logische Form an, und daher ist sein Vorschlag nur schwer zu bewerten. Er behauptet selber, daß sein Ansatz dieselben Interpretationen ergibt wie die Bindungsansätze, und das hieße, die universalen Interpretationen.

Das Problem an Wilsons Vorschlag besteht natürlich darin, daß durch die Verwendung von Ausdrücken wie er^E oder er^U zwar repräsentiert wird, ob sich das Pronomen auf einen existenz- oder allquantifizierenden Ausdruck bezieht. Es ist damit aber noch nicht eindeutig repräsentiert, auf *welchen* Ausdruck es sich bezieht. Da King in dieser Beziehung etwas expliziter argumentiert, werde ich nicht versuchen, Wilsons Vorstellungen hierzu weiter herauszuarbeiten.

King: King nimmt, wie er in seiner Danksagung schreibt, die Ideen von Wilson als Ausgangspunkt für seinen Aufsatz [King 87], in dem er eine formale Semantik für Bindungsanaphern angibt, die sich an der Semantik für Parameter in Kalkülen der natürlichen Ableitung orientiert.

Die Beispiele, die King anführt, machen deutlich, daß bei der Verarbeitung eines Textes Skopusinformationen aufgebaut werden müssen, die deutlich machen, von welchem quantifizierten Ausdruck eine Anapher *angekündigt* wurde. So ergibt sich für den folgenden Text die in Abbildung 4.2 dargestellte logische Form.¹³

- (130) Jeder Polizist kennt einen Informanten. Der Informant gibt dem Polizisten Tips.

Die Parameter in der logischen Form werden dann hinsichtlich verschiedener Informationsebenen ausgewertet. Auf der nullten Informationsebene fungieren die Parameter wie Namen. Diese Informationsebene wird dann sukzessive erweitert und bei diesen Erweiterungen wird dann der Einführungskontext der Parameter berücksichtigt. Dringt man bis zur äußersten Informationsebene vor, so erhält man Wahrheitsbedingungen, die denen von Neale oder Wilson entsprechen.

Die von King angeführten Strukturen machen deutlich, daß bei der Verarbeitung eines Textes ähnlich wie in den Bindungsansätzen die logische Form vorangegangener Sätze modifiziert werden muß. Dies ließe sich dann umgehen, wenn die Information über den Einführungskontext direkt an den Parametern ableitbar wäre. Anzumerken bleibt noch, daß King auf die Arbeiten von Fine verweist, in denen dieser versucht, der Rede von unbestimmten Objekten eine formale Grundlage zu verschaffen [Fine 84, Fine 85, Fine 85a]. In Fines Terminologie läßt sich dann sehr wohl sagen, daß Bindungsanaphern referieren. Im Unterschied zu anderen Ausdrücken, die auf bestimmte Diskursreferenten referieren, referieren sie allerdings auf unbestimmte Diskursreferenten.

Wir können nun die Unterschiede zwischen den drei vorgestellten Repräsentationsvarianten noch deutlicher herausarbeiten. Bei allen geht es im wesentlichen darum, einen geeigneten Formalismus zur Repräsentation freier Bindungsanaphern zu entwickeln. Dazu muß in den logischen Formen die Verbindung zwischen Antezedens und Anapher repräsentiert werden. Die einzelnen Ansätze unterscheiden sich nun in erster Linie dadurch, wie sie diese Verbindung repräsentieren. In Bindungsansätzen wird der Skopus des Antezedensausdrucks so weit ausgedehnt, daß er auch die Anapher noch umfaßt. Um dies zu gewährleisten, müssen die logischen Formen bereits verarbeiteter Sätze modifiziert werden, wenn neue Sätze mit freien Bindungsanaphern hinzukommen. In Substitutionsansätzen wird hingegen zur Bindung der Anapher ein neuer quantifizierender Ausdruck eingesetzt. Dies gewährleistet,

¹³Diese Repräsentation erinnert an Kamps Vorschläge zur Diskurs-Repräsentationstheorie (siehe unten).

daß die logischen Formen der Vorgängersätze unverändert bleiben. Durch die Einführung eines neuen quantifizierenden Ausdrucks ergibt sich zwar einerseits eine zusätzliche Aufgabe für die Desambiguierung, andererseits können aber durch die Wahl verschiedener Quantoren die unterschiedlichen Interpretationen adäquat repräsentiert werden. In Referenzansätzen schließlich wird die Beziehung zum Antezedens insofern in die Anapher hineinkodiert, als der jeweilige Parameter Information darüber trägt, von welchem quantifizierenden Ausdruck er abhängt. Die vorgestellten Ansätze unterscheiden sich daher kaum in ihrer semantischen Adäquatheit, aber beträchtlich hinsichtlich ihrer strukturellen Adäquatheit.

4.3 Semantikformalismen

In diesem Abschnitt gebe ich einen kurzen Überblick über die vier wichtigsten Formalismen der logisch-linguistischen Semantik, wobei ich versuche, die Grundideen zur Behandlung anaphorischer Bezüge zu vermitteln. Ich werde dabei auch versuchen, Beziehungen zu den im vorigen Abschnitt vorgestellten Varianten herzustellen.

Diskurs-Repräsentations-Theorie

Kamp glaubt, daß innerhalb der formalen Semantik natürlicher Sprachen zwei Konzeptionen von Bedeutung unterschieden werden können. Zum einen wird Bedeutung als das gesehen, was die Wahrheitsbedingungen festlegt, zum anderen wird unter Bedeutung die semantische Repräsentation verstanden, die beim Verstehen von Sprache erzeugt wird. Kamp versucht mit seiner Diskurs-Repräsentations-Theorie (DRT), beide Vorstellungen von Bedeutung miteinander zu verbinden. In [Kamp 81] schlägt er einen Formalismus vor, der es erlauben soll, Identitäts- und Bindungsanaphern einheitlich zu behandeln. Substitutions- und Kontiguitätsanaphern werden dagegen von ihm ausgeklammert. Für Kamp gilt die Hypothese, daß sowohl deiktische als auch anaphorische Pronomen ihre Referenten aus einer bestimmten Menge vorher zugänglicher Entitäten auswählen. Der Unterschied besteht darin, daß im Falle deiktischer Pronomen diese Menge Objekte der realen Welt enthält, während die Menge im Falle anaphorischer Pronomen aus Konstituenten der Repräsentation des vorangegangenen Textes besteht.¹⁴ Aus diesem Grund ist auch die interne Struktur der Diskursrepräsentation für die Repräsentation anaphorischer Bezüge von Bedeutung.

¹⁴Diese Unterscheidung zwischen Deixis und anaphorischem Bezug entspricht nicht unbedingt meiner Terminologie und erinnert an die Unterscheidung bei Bühler (vgl. Kapitel 2).

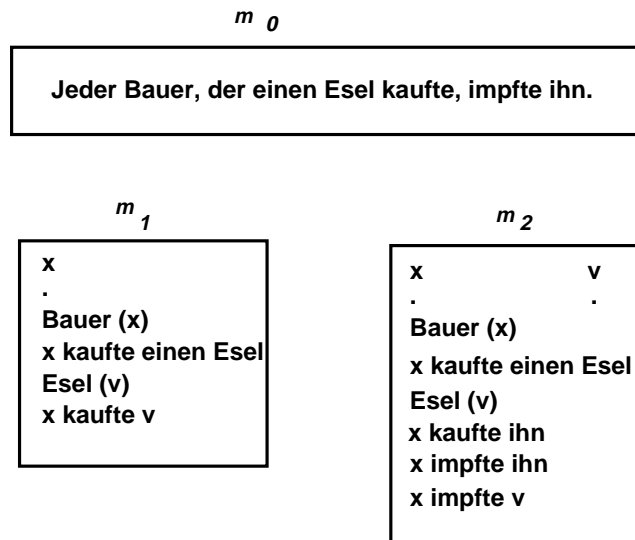


Abbildung 4.3: Die DRT Repräsentation von Satz 98.

Zur Repräsentation von Texten verwendet Kamp Diskurs-Repräsentations-Strukturen (DRS), die wiederum aus einfacheren Diskurs-Repräsentationen (DR) aufgebaut werden. Eine DR enthält als Bestandteile eine Menge von Formeln sowie die Menge derjenigen Diskursreferenten, die in den Formeln dieser DR auftreten. Die Formeln haben im wesentlichen die Gestalt $P(a_1, \dots, a_n)$, wobei die einzelnen a_i Diskursreferenten sind und P ein Verb oder ein Nomen sein kann.¹⁵ Die Konstruktion einer DRS erfolgt in Abhängigkeit von der syntaktische Struktur der zu repräsentierenden Sätze. Für indefinite Beschreibungen und für Eigennamen werden neue Diskursreferenten und die entsprechenden Formeln in die DR eingeführt (z.B. wird ein **Esel** durch $\text{Esel}(a_1)$ und **Pedro** durch $a_2 = \text{Pedro}$ repräsentiert). Für Pronomen werden keine neuen Diskursreferenten erzeugt, sondern bereits vorhandene Diskursreferenten verwendet. Eine DRS für einen Konditionalsatz oder für einen allquantifizierten Satz enthält zwei DRs, von denen die eine das Antezedens (den Domain des Quantors) und die andere die Konklusion (die Restriktion des Quantors) enthält. Abbildung 4.3 zeigt die Repräsentation des Eselsatzes. Die Interpretationsregeln stellen dann sicher, daß die DRS in Abhängigkeit von ihrer syntaktischen Struktur korrekt interpretiert wird.

Diskursreferenten, die in bestimmten DRs auftauchen, können nicht belie-

¹⁵Darüberhinaus gibt es Formeln der Form $a_i = Q$, wobei Q ein Eigename ist, und Formeln, die die syntaktische Struktur der (Teil-)Sätze repräsentieren.

big in anderen DRs verwendet werden. Die entsprechenden Regeln legen fest, auf welche quantifizierenden Ausdrücke in anderen DRs sich eine freie Bindungsanapher beziehen kann. Für Kamp können nur indefinite Ausdrücke als Antezedenten freier Bindungsanaphern auftreten.

Karteikartensemantik

Heims Karteikartensemantik [Heim 82] ähnelt in ihren Grundzügen Kamps DRT. Wie Kamp bezieht sich auch Heim auf die Repräsentation, die beim Verstehen sprachlicher Äußerungen aufgebaut wird. Heims Idee zufolge können diese Repräsentationen als Akten (Mengen von Karteikarten) aufgefaßt werden, in denen Informationen über die einzelnen Diskursreferenten notiert werden. Während bei Kamp also eine Strukturierung nach Satzelementen (DRs) erfolgt, strukturiert Heim ihre Repräsentation in Abhängigkeit von den beteiligten Diskursreferenten, die jeweils eine eigene Karteikarte erhalten.¹⁶ Auf Akten werden dann zwei Funktionen Sat und Dom definiert, wobei Sat(F) eine Folge von Mengen von Diskursreferenten liefert und Dom(F) eine Menge von Karteikartenummern. Sat(F) repräsentiert den semantischen Gehalt, während Dom(F) zur Überprüfung der Zulässigkeit anaphorischer Bezüge gilt. Für ein Äußerungselement ϕ wird nämlich gefordert, daß für jede definite NP_i in ϕ $i \in \text{Dom}(F)$ ist, und daß für jede indefinite NP_i , $i \notin \text{Dom}(F)$ ist, wobei F die Repräsentation des vorangegangenen Textes ist.

Zusätzliche Beschränkungen verhindern dann die Zulässigkeit bestimmter Interpretationen. Neben zwei syntaktischen Regeln, die Ergebnisse der Rektions- und Bindungstheorie beinhalten, soll eine Skopusbeschränkung verhindern, daß all-quantifizierende und negierende Ausdrücke als Antezedenten freier Bindungsanaphern auftreten [Heim 82, S. 204].

Dynamische Montague-Grammatik

In der Dynamischen Montague-Grammatik wird versucht, die Bindungsansätze so zu modifizieren, daß die Kompositionalität der Repräsentation wieder hergestellt wird.¹⁷ Es geht mit anderen Worten darum, die Bindungskraft des Antezedens einer freien Bindungsanapher so zu erweitern, daß nachfolgende Anaphern gebunden werden, ohne daß die logischen Formen der Vorgängersätze modifiziert werden müssen.

Groenendijk und Stokhof schlagen daher vor, die Semantik dynamischer Logiken in die Montague-Grammatik¹⁸ zu integrieren. Dadurch kann der

¹⁶Dies entspricht einer objekt-basierten Repräsentation, wie ich sie im nächsten Kapitel vorschlagen werde.

¹⁷Zum Kompositionalitätsbegriff in der Montague-Grammatik siehe [Landman, Moerdijk 83].

¹⁸Eine gute Einführung bietet [Dowty et al. 81].

Skopus von Quantoren dynamisch erweitert werden, und es ergibt sich eine Repräsentation, die streng kompositional und trotzdem semantisch korrekt ist. Die formale Ausarbeitung dieser Ideen findet sich in [Groenendijk, Stokhof 90], [Groenendijk, Stokhof 91] und [Dekker 90]. Ich werde im folgenden versuchen, die Grundzüge dieses Ansatzes sowie seine Stärken und Schwächen zu skizzieren, ohne dabei auf formale Details einzugehen.

Zur Charakterisierung der vorgestellten Semantik ist die Unterscheidung zwischen *statischen*, *intern dynamischen* und *extern dynamischen* Konnektoren und Quantoren wichtig. So ist beispielsweise die Konjunktion intern dynamisch, weil $\exists x[P(x)] \wedge Q(x)$ als äquivalent zu $\exists x[P(x) \wedge Q(x)]$ interpretiert wird. Sie ist darüber hinaus extern dynamisch, weil der Existenzquantor auch auf weitere Konjunkte, die angeschlossen werden, ausgedehnt wird. Demgegenüber ist die Implikation lediglich intern dynamisch, aber extern statisch. Es gilt zwar, daß $\exists x[P(x)] \rightarrow Q(x)$ äquivalent ist zu $\exists x[P(x) \rightarrow Q(x)]$; die Bindung des Existenzquantors überträgt sich jedoch nicht auf weitere Konjunkte, so daß $\exists x[P(x)] \rightarrow Q(x) \wedge R(x)$ nicht äquivalent ist zu $\exists x[P(x) \rightarrow Q(x) \wedge R(x)]$. Ebenso wird der Allquantor als intern dynamisch, aber extern statisch interpretiert. Diese Semantik führt zu semantisch korrekten Interpretationen für die folgenden Beispielsätze, wobei für die Eselsätze die universale Interpretation repräsentiert wird.

- (131) Ein Mann geht im Park spazieren. Er pfeift.
- (132) Wenn ein Bauer einen Esel besitzt, schlägt er ihn.
- (133) Jeder Bauer, der einen Esel besitzt, schlägt ihn.
- (134) * Wenn ein Bauer einen Esel besitzt, schlägt er ihn. Er haßt ihn.
- (135) * Jeder Bauer, der einen Esel besitzt, schlägt ihn. Er haßt ihn.

Die letzten beiden Beispielsätze werden als semantische Anomalien interpretiert, da die Bindungskraft des Antezedens durch die Implikation beziehungsweise den Allquantor blockiert wird. Wie Groenendijk und Stokhof jedoch selber feststellen, gibt es Fälle, in denen extern dynamische Interpretationen von Allquantifikation, Implikation, Negation und Disjunktion benötigt werden:

- (136) Jeder Spieler wählt einen Bauer. Er setzt ihn auf das erste Feld.
- (137) Wenn ein Kunde hereinkommt, behandeln sie ihn freundlich. Sie bieten ihm eine Tasse Kaffee an und bitten ihn, einen Moment zu warten.
- (138) Es stimmt nicht, daß Hans kein Auto hat. Es ist rot und steht vorne vorm Haus.

- (139) Entweder gibt es hier kein Badezimmer, oder es ist gut versteckt. Auf jeden Fall ist es nicht im Erdgeschoß.

Da Implikation, Disjunktion und Allquantifikation mithilfe der Negation definiert werden können, geht es also in erster Linie um die Frage, ob einer dynamischen Variante der Negation gegenüber einer statischen Interpretation der Vorzug gegeben werden sollte.¹⁹ Das Problem liegt natürlich darin, daß jede Variante ihre Vor- und Nachteile hat. Eine statische Interpretation ist zu eng, da sie korrekte Satzfolgen ausschließt, eine dynamische Interpretation ist zu weit, da sie inkorrekte Satzfolgen zuläßt. Dieses Dilemma ergibt sich aber aus der Tatsache, daß in der Dynamischen Montague-Grammatik Aufgaben der Desambiguierung und der Repräsentation gleichzeitig bearbeitet werden. Im Sinne des in dieser Arbeit vertretenen Standpunktes wäre es hingegen naheliegend, im Repräsentationsformalismus die extern dynamische Interpretation der Negation anzubieten und dann in der Desambiguierung zu entscheiden, ob eine solche Interpretation im vorliegenden Kontext möglich ist oder nicht.

Situationssemantik

In [Barwise 87] versucht Barwise die Behandlung singulärer Nominalphrasen aus [Barwise, Perry 83] mit der Theorie generalisierter Quantoren aus [Barwise, Cooper 81] zu verbinden und auf anaphorische Bezüge anzuwenden. Barwise und Perry unterscheiden zwischen *singulären* und *generellen* Nominalphrasen, weil mit ersteren Referenz auf und Beschreibung von Individuen möglich ist, mit letzteren dagegen nicht. Je nachdem, ob das Antezedens eine singuläre oder eine generelle Nominalphrase ist, liegen daher auch unterschiedliche Typen anaphorischer Bezüge vor. Barwise unterscheidet drei Arten der Verwendung von Pronomen:

1. Ein Pronomen ist *gefangen* (captured), wenn es keinen Referenten besitzt. Dies entspricht der traditionellen Kategorie der gebundenen Variablen und meinen gefangenen Bindungsanaphern.
2. Ein Pronomen ist *frei* (free), wenn sein Referent nicht von anderen Nominalphrasen abhängig ist. Dies entspricht der Kategorie der deiktischen Pronomen.
3. Ein Pronomen ist *eingeschränkt* (restrained), wenn sein Referent von einer anderen Nominalphrase abhängig ist. Dies umfaßt die Kategorien der referierenden und der E-Pronomen, also alle Anaphern außer den gefangenen Bindungsanaphern.

¹⁹Vergleiche hierzu [Dekker 90].

Bei der Verarbeitung von Äußerungen müssen nun Pronomen hinsichtlich ihrer Beziehung zu anderen Nominalphrasen interpretiert werden. Barwise nennt dies *dynamische Interpretation* und modelliert es, indem er die Verarbeitung einer Äußerung als einen Übergang von einem Zustand s zu einem Zustand s' repräsentiert. Im Appendix von [Barwise, Perry 83] entspricht das s den *settings*, in [Barwise 87] werden dagegen *partielle Variablenzuweisungen* (pva's) verwendet. Ist beispielsweise f eine pva, dann wird bei der Verarbeitung eines Namens (Hans_i) oder einer singulären NP (ein Hund_i , der Hund_i) f dahingehend zu f' erweitert, daß $f'(i) = a$ gilt und a der Referent von Hans , ein Hund oder der Hund ist.²⁰ Bei generellen Nominalphrasen wird hingegen $f'(i)$ auf einen speziellen Wert gesetzt, so daß ein anaphorischer Bezug auf diese NP nicht mehr möglich ist.

Um nun Bindungsphänomene zwischen generellen NPs und gefangenen Pronomen beziehungsweise zwischen singulären NPs und eingeschränkten Pronomen zu repräsentieren, verwendet Barwise *parametrische Typen* zur Interpretation von Verbalphrasen. So wird beispielsweise der VP schlägt ihn_i die parametrisierte Menge $\{\langle a, f \rangle : a \text{ schlägt } f(i)\}$ zugeordnet. Diese Menge heißt parametrisiert, weil sie als Parameter $f(i)$ erwartet, um eine Menge von Individuen zu bezeichnen. Dieser Parameter wird durch eine generelle Nominalphrase direkt und durch eine singuläre Nominalphrase indirekt zur Verfügung gestellt [Barwise 87, S. 25, 4ai und 4aii].

Barwise selbst sieht drei offene Probleme für seinen Ansatz. Zum einen fehlt eine syntaktische Charakterisierung der semantisch zulässigen Indizierungen. Dann fehlt eine vollständige Axiomatisierung der vorgestellten Logik, die Inferenzregeln ermöglicht, um zu entscheiden, wann ein Satz aus einem anderen folgt. Mit anderen Worten, es fehlt eine semantische Algorithmisierung des Repräsentationsformalismus. Schließlich kommt es nicht nur darauf an, bestimmte Indizierungen auszuschließen, sondern in einem konkreten Äußerungszusammenhang die "richtige" Indizierung zu finden:

The practical question, given an interpretable expression, is to figure out which indexing is the right one. That takes us into the realm of real discourse structure, a very thorny one. And once one turns to real discourse, the model presented here is far too simple. [Barwise 87, S. 27]

Der Vorschlag von Barwise kann wohl am ehesten der Referenzvariante zugeordnet werden, da parametrisierte Mengen als spezielle Referenten eingeführt werden. In diesen parametrisierten Mengen ist die Abhängigkeit des Diskursreferenten von einem anderen Diskursreferenten direkt kodiert.

²⁰Dies ist eine sehr vereinfachte Darstellung!

Vergleich der Formalismen

Der nachfolgende, kurze Vergleich der Semantikformalismen orientiert sich lediglich an den Fragestellungen der vorliegenden Arbeit und bleibt daher notgedrungen oberflächlich. Als Vergleichskriterien bieten sich die in Kapitel 1 formulierten Anforderungen an die semantische Repräsentation, nämlich semantische Adäquatheit, semantische Algorithmisierbarkeit und strukturelle Adäquatheit an.

Semantische Adäquatheit: Hinsichtlich anaphorischer Bezüge ist der Phänomenbereich der vorgestellten Formalismen relativ ähnlich. Alle Formalismen beschäftigen sich mit Pronomen und ihrem Verhältnis zu singulären und generellen Nominalphrasen. Heim und Barwise behandeln darüber hinaus auch anaphorische Verwendungen definiter Nominalphrasen, Barwise auch explizit solche wie *der andere Student* oder *ein anderer Student*. Alle Formalismen beschäftigen sich mit Identitäts- und Bindungsanaphern und klammern Substitutions- und Kontiguitätsanaphern aus.

Alle Formalismen ordnen den jeweils behandelten Sätzen dieselben Wahrheitsbedingungen zu.²¹ Alle Formalismen lassen darüberhinaus nur indefinite Ausdrücke als Antezedenten freier Bindungsanaphern zu. In der Dynamischen Montague-Grammatik gibt es Überlegungen, auch all-quantifizierte Ausdrücke als Antezedenten zu ermöglichen. Meines Erachtens sehen sich aber alle Formalismen mit dem gleichen Problem konfrontiert: freie Bindungsanaphern sind bei einem bestimmten Antezedens entweder immer möglich oder immer unmöglich. Eine kontextabhängige Überprüfung der Zulässigkeit in der Desambiguierung ist nie vorgesehen.

Strukturelle Adäquatheit: Alle Formalismen stimmen dahingehend überein, daß die Transformation natürlichsprachlicher Sätze in die semantische Repräsentation gewissen Regelmäßigkeiten unterliegen sollte. In der Montague-Grammatik werden daher Syntax und Semantik streng parallel und kompositional konstruiert. Kamp, Heim und auch Barwise behandeln dagegen singuläre und generelle Nominalphrasen unterschiedlich.²² Kamp schreibt hierzu:

(...) the conception of a perfect rule-by-rule parallelism between syntax and semantics is one that must be proved rather than ta-

²¹Um dies zu verifizieren, müßte man eigentlich formale Abbildungen zwischen den einzelnen Formalismen konstruieren. Siehe hierzu etwa [Rooth 87] und [Groenendijk, Stokhof 91].

²²Groenendijk und Stokhof tun dies natürlich indirekt auch, indem sie für den Existenzquantor eine extern dynamische, für den Allquantor und die Negation hingegen eine extern statische Interpretation voraussetzen.

ken for granted. In fact, the data here presented point towards the conclusion that this conception is ultimately untenable. [Kamp 81, S. 298]

Hinsichtlich der internen Repräsentationsstruktur unterscheiden sich die verschiedenen Formalismen grundsätzlich voneinander. Da alle Formalismen einen Semantikbegriff voraussetzen, der eng mit dem Wahrheitsbegriff verbunden ist, werden jeweils Interpretationsfunktionen angegeben, die bestimmen, wann eine logische Form in einem bestimmten Modell wahr ist. Diese modelltheoretische Semantik erlaubt dann auch die Definition der Folgerungsbeziehung.

In der Situationssemantik und der Dynamischen Montague-Grammatik werden ähnliche Repräsentationsstrukturen verwendet: Formeln einer formalen, prädikatenlogik-ähnlichen Sprache. Im Falle der DMG wird eine intensionale Typenlogik höherer Stufe verwendet, in der Situationssemantik eine am Ansatz der generalisierten Quantoren orientierte Sprache. Beide Ansätze definieren Wahrheit rekursiv über den syntaktischen Aufbau der Formeln. Kamp verwendet als Repräsentationsmittel Diskurs-Repräsentationsstrukturen (DRS) und definiert, wann eine DRS in einem Modell wahr ist. Diese Definition greift auf die atomaren Formeln zurück, die in der jeweiligen DRS enthalten sind. Heim benutzt Akten zur Repräsentation und definiert dementsprechend, wann eine Akte wahr ist. Zwar werden zur Bestimmung der einzelnen Akten atomare Formeln verwendet, die Akten selber enthalten aber letztendlich nur Mengen von Variablenbelegungen. Heim selbst führt dies an, um die Einführung einer zusätzlichen Domainfunktion zu motivieren:

How can we tell from just looking at these two satisfaction sets that F_2 contains a card number 3 which F_1 lacks? One might think at first that we could tell from the fact that a_3 is mentioned in the specification of $\text{Sat}(F_2)$, but not in the specification of $\text{Sat}(F_1)$. However, this would involve looking at the particular *descriptions* of the satisfaction sets that we have given here, not just looking at the sets themselves. [Heim 82, S. 303]

Von einem rein formal orientierten Standpunkt sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Formalismen unerheblich. Rooth zeigt beispielsweise, daß die Ansätze von Heim, Kamp und Barwise in einer an der Montague-Grammatik orientierten Notation formuliert werden können. Er kommt dabei sogar zu dem Schluß, daß es von einem formalen Standpunkt aus unerheblich ist, ob indefinite Nominalphrasen als Variablen oder als Existenzquantoren repräsentiert werden [Rooth 87, S. 252]. Wie das Zitat von Heim jedoch zeigt, sind die Unterschiede für die Unterstützung der Desambiguierung und

für die semantische Algorithmisierung von Bedeutung. Für die Anaphernresolution kann beispielsweise die im vorangegangenen Text enthaltene Information über Antezedenskandidaten verwendet werden.²³ Es muß daher aus der logischen Form schnell ableitbar sein, welche Diskursreferenten in ihr enthalten sind, und welche Begriffe auf sie zutreffen. Dies legt eine objektzentrierte Repräsentation nahe, wie sie im nächsten Kapitel vorgeschlagen wird. Es kann also sein, daß von zwei logischen Formen, für die mithilfe einer Projektionsfunktion gezeigt werden kann, daß sie die gleichen formal-semantischen Eigenschaften besitzen, eine logische Form aus Gründen der algorithmischen Effizienz vorzuziehen ist.

Semantische Algorithmisierbarkeit: Wie das Zitat aus [Barwise 87] deutlich gemacht hat, liegt die große Schwäche der logisch-linguistischen Semantik vom Standpunkt der Sprachverarbeitung darin, daß in ihr zuwenig Gewicht auf die semantische Algorithmisierung gelegt wird. Insbesondere für die Montague-Grammatik, die eine intensionale Typenlogik höherer Stufe als Repräsentationsformalismus verwendet, läßt sich eine Implementierung semantischer Algorithmen nur schwer vorstellen. Demgegenüber sind Kamps Vorschläge eher an einer algorithmischen Umsetzung orientiert und es gibt mittlerweile verschiedene Implementierungen dieses Semantikformalismus. Auch für die Situationssemantik existieren inzwischen implementierte Systeme, die allerdings nur bestimmte Aspekte dieses Formalismus berücksichtigen. Darüberhinaus ist in den letzten Jahren eine Konvergenz zwischen DRT und Situationssemantik festzustellen. Trotz dieser positiven Ansätze haben die Formalismen der logisch-linguistischen Semantik hinsichtlich der semantischen Algorithmisierung aber noch nicht das Niveau der terminologischen Logiken erreicht, die ich im nächsten Kapitel behandeln werde. Da letztere neben der Repräsentation von Textinhalten auch die konzeptuelle Repräsentation und die Repräsentation von Hintergrundwissen ermöglichen, sind sie den hier vorgestellten Ansätzen vom Standpunkt der Sprachverarbeitung aus vorzuziehen.²⁴

²³Anaphernresolution wird detaillierter in Abschnitt 5.4 behandelt.

²⁴Natürlich können die hier vorgestellten Formalismen einen sehr viel weiteren Phänomenbereich erfassen als terminologische Logiken. Ihre Leistungen im Bereich der theoretischen Semantik sollen durch meine Kritik auch in keiner Weise geschmälert werden.

4.4 Zusammenfassung und Auswertung

Repräsentation und Desambiguierung

Die meisten in diesem Kapitel vorgestellten Ansätze weisen einem natürlichsprachlichen Satz aufgrund syntaktischer oder semantischer Kriterien genau eine logische Form zu oder markieren ihn als ungrammatisch. Gemäß meiner Unterscheidung zwischen Desambiguierung und Repräsentation scheint mir ein anderes Vorgehen jedoch sinnvoller: die Repräsentationskomponente stellt die Möglichkeit zur Verfügung, jede mögliche Interpretation eines Satzes zu repräsentieren. Die Desambiguierungskomponente entscheidet dann, unter Umständen durch Rückgriff auf pragmatische Kriterien oder Weltwissen, welche logische Form dem natürlichsprachlichen Satz im jeweiligen Äußerungskontext zugeordnet wird. Falls dieser Satz auch im jeweiligen Kontext nicht eindeutig interpretiert werden kann, müssen mehrere logische Formen parallel erzeugt werden.

Im wesentlichen wurden in diesem Kapitel drei Fragenstellungen behandelt, für die sich gezeigt hat, daß diese Strategie sinnvoll ist:

1. Werden indefinite Ausdrücke als quantifizierende oder als referierende Ausdrücke interpretiert?
2. Werden Eselsätze als universal, definit oder indefinit interpretiert?
3. Welche Ausdrücke können als Antezedenten in freien Bindungsanaphern auftreten?

Für diese Fragen hatte sich ergeben, daß eine kontextunabhängige Beantwortung nicht möglich ist und daß die Kontextfaktoren, die eine Beantwortung ermöglichen, Aspekte des Weltwissens und der Pragmatik umfassen.

Die monistische Auffassung

Nach der monistischen Auffassung stellen anaphorische Bezüge ein einheitliches Phänomen dar, für das ein einheitlicher Formalismus entwickelt werden muß. Im wesentlichen gibt es drei Varianten von Formalismen, die jeweils einen Anapherentyp sehr gut behandeln können und von denen dann gezeigt werden soll, daß sie auch auf andere Typen angewendet werden können. Im folgenden werde ich noch einmal zusammenfassend untersuchen, wie diese Varianten mit den von mir unterschiedenen vier Anapherentypen umgehen.

Bindungsansätze: Bindungsansätze gehen davon aus, daß Anaphern den Variablen der formalen Logik entsprechen und daß demnach jede Anapher

als Variable repräsentiert werden sollte, die von ihrem Antezedens gebunden wird. *Identitätsanaphern* werden in Bindungsansätzen nur selten explizit behandelt. Falls das Antezedens eine indefinite Nominalphrase ist, kann diese als Existenzquantor repräsentiert werden, der Anaphern im nachfolgenden Text bindet. Analog könnten auch Namen als spezielle Quantoren repräsentiert werden: z.B. **Hans** als $\exists x \text{Hans}(x)$. *Bindungsanaphern* lassen sich mit dem Bindungsansatz natürlich sehr gut erklären, allerdings ergeben sich hier die Skopusprobleme bei freien Bindungsanaphern. *Substitutionsanaphern* und *Kontiguitätsanaphern* werden im Bindungsansatz überhaupt nicht behandelt und passen auch nicht in das Schema der gebundenen Variablen.

Referenzansätze: In Referenzansätzen werden den Anaphern Diskursreferenten zugeordnet, die in einer bestimmten Beziehung zu den Diskursreferenten des Antezedens stehen. *Identitätsanaphern* lassen sich mit diesem Ansatz natürlich sehr gut behandeln, da hier derselbe Diskursreferent als Referent des Antezedens und der Anapher eingesetzt werden kann. *Substitutionsanaphern* können dagegen nur dahingehend behandelt werden, daß Antezedens und Anapher Diskursreferenten des gleichen Typs zugeordnet werden. Bei *Kontiguitätsanaphern* wird zusätzlich zu den Diskursreferenten noch die Beziehung repräsentiert, die zwischen ihnen besteht. *Bindungsanaphern* stellen die Referenzansätze vor die größten Probleme, da Antezedens und Anapher hier keine herkömmlichen Referenten haben.

Substitutionsansätze: In Substitutionsansätzen wird die Anapher durch einen nicht-anaphorischen Ausdruck substituiert, in dessen Bedeutung die anaphorische Beziehung explizit enthalten ist. *Identitätsanaphern* lassen sich in Substitutionsansätzen gut repräsentieren, wenn man davon ausgeht, daß in der Substitutionssprache Referenzindizes verwendet werden. Dies ist aber bereits eine Anreicherung, die in Richtung des Referenzansatzes geht, da die Indizes genau den Diskursreferenten entsprechen. Wird dagegen lediglich eine definite Beschreibung substituiert, die implizit ausdrücken soll, daß der Antezedensreferent auch von der Anapher referiert wird, ergibt sich in vielen Fällen keine eindeutige Referenz, da die definite Beschreibung mehrdeutig sein kann. *Substitutionsanaphern* lassen sich mit Substitutionsansätzen sehr gut behandeln, da in diesen Fällen tatsächlich ein Ausdruck für die Anapher substituiert werden kann. Das Problem besteht dann lediglich darin, die richtige Substitution zu finden. Wie der Vorschlag von Evans gezeigt hat, lassen sich auch *Bindungsanaphern* mithilfe eines Substitutionsansatzes repräsentieren. Generell lassen sich auch *Kontiguitätsanaphern* mit Substitutionsansätzen behandeln, wenn in der substituierten Beschreibung die Beziehung zwischen Antezedens und Anapher explizit repräsentiert wird.

Eine pluralistische Sicht auf anaphorische Bezüge

Im folgenden werde ich nicht versuchen, eine monistische Theorie anaphorischer Bezüge zu konstruieren, sondern stattdessen einen pluralistischen Standpunkt vertreten. Ich werde daher auch weiterhin zwischen den bereits zu Beginn dieser Arbeit vorgestellten vier Grundtypen unterscheiden und für jeden Typ eine spezielle Behandlung vorsehen. Dies heißt nicht, daß ich einen universalen Formalismus, der alle vier Typen einheitlich behandelt, für unmöglich halte. Ich glaube jedoch, daß es beim gegenwärtigen Forschungsstand angemessen ist, die vier Typen zunächst auseinander zu halten und getrennt zu behandeln. Aufgrund der dabei gewonnenen Ergebnisse kann dann später eine Vereinheitlichung vorgenommen werden.

Zur Repräsentation von *Identitätsanaphern* wird Antezedens und Anapher derselbe Diskursreferent zugewiesen. Es kommt daher "nur" darauf an, das richtige Antezedens zu finden und dessen Diskursreferenten auch der Anapher zuzuordnen. Einige indefinite Nominalphrasen werden als referierend interpretiert und kommen daher als Antezedens für Identitätsanaphern in Frage. Bei *Substitutionsanaphern* wird der Anapher ein Diskursreferent zugeordnet, der vom gleichen Typ ist wie der Antezedensreferent. Zusätzlich zur Bestimmung des Antezedens muß dann entschieden werden, welcher konzeptuelle Aspekt des Diskursreferenten in der Anapher übernommen wird. Bei *Bindungsanaphern* umfaßt der Diskursreferent diejenigen Elemente, auf die der quantifizierende Antezedensausdruck referiert. *Kontiguitätsanaphern* werden mithilfe von Diskursreferenten repräsentiert, in deren Beschreibungen die Beziehung zwischen den Referenten enthalten ist.

Kapitel 5

Semantische Repräsentation mit Back

In diesem Kapitel versuche ich zu zeigen, daß die in der KI entwickelten terminologischen Logiken zur semantischen Repräsentation anaphorischer Bezüge verwendet werden können. Im nächsten Abschnitt gebe ich zunächst einen Überblick über terminologische Logiken und stelle dann exemplarisch den in Berlin entwickelten Repräsentationsformalismus BACK vor. Anschließend beschreibe ich, wie Textinhalte in BACK repräsentiert werden können und welche Teilaufgaben dabei welchen Komponenten des Systems zuzuordnen sind. Es wird sich dabei zeigen, daß einige Erweiterungen des Formalismus nötig sind, um alle vier Anaphertypen repräsentieren zu können. Abschließend illustriere ich anhand einiger Beispiele, wie die Repräsentation anaphorische Bezüge in BACK die Anaphernresolution unterstützen kann. Hierbei zeigt sich, daß BACK den im vorigen Kapitel vorgestellten Semantikformalismen hinsichtlich der strukturellen Adäquatheit und der semantischen Algorithmisierbarkeit überlegen ist.

5.1 Der Repräsentationsformalismus Back

Das Repräsentationssystem BACK (Berlin Advanced Knowledge Representation System) wird seit 1985 an der Technischen Universität Berlin entwickelt.¹ Ausgangspunkt dieser Entwicklung war der Ende der siebziger Jahre von Brachman und anderen vorgestellte Repräsentationsformalismus KL-ONE (vgl. hierzu [Brachman 79] und [Brachman, Schmolze 85]). Während die vor diesem Hintergrund entstandenen Formalismen und Systeme zunächst

¹Diese Entwicklung findet im Rahmen der ESPRIT-Projekte P311 (Advanced Data and Knowledge Management System, 1985–1990) und P5210 (Advanced Information Management System, 1990–1993) statt.

als KL-ONE-artige Systeme bezeichnet wurden, setzte sich in den letzten Jahren zunehmend der Ausdruck *Terminologische Logiken* zur Bezeichnung des gesamten Forschungsfeldes durch.

Terminologische Logiken

Ausgehend von [Quillian 68] wurden Ende der sechziger und Anfang der siebziger Jahre in der KI verschiedene Repräsentationsformalismen entwickelt, die als *semantische Netze*, *Frames* oder *Scripts* bezeichnet wurden. In diesen Formalismen sollte alles repräsentiert werden, was in Sprache ausgedrückt und in Wahrnehmung erfaßt werden kann [Quillian 68, S. 221]. Mitte der siebziger Jahre wurden diese Formalismen in einer Reihe von Artikeln (z.B. [Woods 75], [Hayes 77] und [Brachman 79]) wegen ihrer mangelhaften formalen Fundierung kritisiert: es fehlten zumeist formale Charakterisierungen des syntaktischen Umfangs der Repräsentationssprachen sowie eine formale Semantik, die die intendierte Bedeutung der verwendeten Repräsentationskonstrukte festlegt. Eine formale Charakterisierung der Repräsentationssprachen, auf die im Bereich der terminologischen Logiken großer Wert gelegt wird, ermöglicht dagegen theoretische Untersuchungen über Entscheidbarkeit und Komplexität, sowie eine Überprüfung der Adäquatheit der implementierten Algorithmen.

Bei der Entwicklung der terminologischen Logiken in den letzten zehn Jahren können drei Forschungsschwerpunkte unterschieden werden. Zum einen wurden die theoretischen Eigenschaften unterschiedlich mächtiger Repräsentationssprachen untersucht. Hierbei ergab sich, daß terminologische Logiken als notationelle Varianten der Prädikatenlogik erster Stufe betrachtet werden können. Sie zeichnen sich dieser gegenüber aber durch ihre strukturelle Adäquatheit aus, da sie einerseits den Modellierungsprozeß unterstützen, andererseits leichter semantisch algorithmisiert werden können. Siekmann, der selber jahrelang an der Entwicklung von Theorembeweisern, also an der semantischen Algorithmisierung der Prädikatenlogik, gearbeitet hat, schreibt hierzu:

The same general observation holds for current concept description languages in AI and their relationship to predicate logic: while they do not enhance the expressiveness of PL1 in principle, they definitely advance the state of the art, when it comes to actually reason – i.e. draw conclusions – in their respective formalisms. [Baader et al. 90, S. 178f]

Ein zweiter Forschungsschwerpunkt beschäftigte sich mit der prototypischen Implementierung terminologischer Repräsentationssysteme, die die

praktische Umsetzbarkeit der theoretisch untersuchten Sprachen demonstrieren sollten. In den letzten Jahren trat darüberhinaus die Frage nach den Anwendungsbereichen dieser Repräsentationssysteme immer stärker in den Vordergrund. Anhand konkreter Anwendungsprobleme wie Informationsverwaltung oder Konfigurierung soll die Adäquatheit terminologischer Repräsentationssysteme evaluiert werden. In diesem Zusammenhang haben sich im wesentlichen drei terminologische Repräsentationssysteme etabliert, die sich durch ihren Sprachumfang und die intendierten Anwendungen unterscheiden. LOOM wird am *Information Science Institute* an der Universität von Südkalifornien entwickelt. Es besitzt von allen Systemen den größten Sprachumfang und soll als universelles Repräsentationssystem verwendbar sein. CLASSIC, eine Entwicklung von AT&T, ist dagegen eher für Anwendungen aus dem Bereich der Informationssysteme gedacht. Daher steht bei CLASSIC nicht so sehr die Mächtigkeit der Repräsentationssprache, sondern eher die Effizienz der Implementierung im Vordergrund. BACK wird als Repräsentationskomponente eines Informationsverwaltungssystems entwickelt und nimmt, was den Sprachumfang angeht, eine Position zwischen CLASSIC und LOOM ein. Bei der Entwicklung von BACK werden sowohl Fragen der Datenbankkopplung als auch der Erweiterung des Sprachumfangs berücksichtigt. Darüberhinaus arbeitet NSL (Paris) unterstützt von der TU Berlin im Rahmen des ESPRIT Projektes P5210 an einer effizienten Implementierung in C++.

Charakteristisch für terminologische Logiken ist die Unterscheidung zwischen einer terminologischen Ebene und einer Objektebene. Die terminologische Ebene beinhaltet terminologische Beziehungen zwischen Begriffen, während die Objektebene Beschreibungen von Objekten mithilfe von Begriffen umfaßt. Diese Ebenen werden in der Literatur sehr unterschiedlich bezeichnet. In Anlehnung an die Datenbankterminologie, in der zwischen Datenbankschema und Datenbankinhalt unterschieden wird, werden etwa die Bezeichnungen Wissensbankschema und -inhalt verwendet. Ich werde dagegen eine eher implementationsorientierte Ausdrucksweise verwenden und von der terminologischen Komponente (*TBox*) und der assertionalen Komponente (*ABox*) sprechen.

Syntax des Repräsentationsformalismus

Die einzelnen terminologischen Repräsentationssysteme bieten terminologische Beschreibungssprachen unterschiedlicher Mächtigkeit an. Abbildung 5.1 zeigt die Syntax eines Repräsentationsformalismus, der an der gegenwärtigen Mächtigkeit von BACK orientiert ist. BACK v4² bietet zusätzlich zu den hier

²Eine implementationsorientierte Beschreibung von BACK v4 findet sich in [Quantz, Kindermann 90].

Termbeschreibungssprache

$$\begin{aligned}
\langle term \rangle & ::= \langle concept \rangle \mid \langle role \rangle \\
\langle concept \rangle & ::= \langle concept\text{-NAME} \rangle \mid \mathbf{anything} \mid \mathbf{nothing} \\
& \mid \langle concept \rangle \mathbf{and} \langle concept \rangle \\
& \mid \mathbf{not}(\langle concept \rangle) \\
& \mid \mathbf{all}(\langle role \rangle, \langle concept \rangle) \\
& \mid \mathbf{some}(\langle role \rangle, \langle concept \rangle) \\
& \mid \mathbf{the}(\langle role \rangle, \langle concept \rangle) \\
& \mid \mathbf{atleast}(\langle min \rangle, \langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{atmost}(\langle max \rangle, \langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{exactly}(\langle n \rangle, \langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{equal}(\langle role \rangle, \langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{subset}(\langle role \rangle, \langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{fills}(\langle object\text{-NAME} \rangle, \langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{oneof}(\langle object\text{-NAME} \rangle^+) \\
\langle role \rangle & ::= \langle role\text{-NAME} \rangle \mid \mathbf{self} \mid \mathbf{anyrole} \mid \mathbf{nothing} \\
& \mid \langle role \rangle \mathbf{and} \langle role \rangle \\
& \mid \mathbf{not}(\langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{inv}(\langle role \rangle) \\
& \mid \langle role \rangle \mathbf{comp} \langle role \rangle \\
& \mid \mathbf{trans}(\langle role \rangle) \\
& \mid \mathbf{domain}(\langle concept \rangle) \\
& \mid \mathbf{range}(\langle concept \rangle)
\end{aligned}$$
Formeln

$$\begin{aligned}
\langle formula \rangle & ::= \langle term \rangle \sqsubseteq \langle term \rangle \\
& \mid \langle term \rangle \doteq \langle term \rangle \\
& \mid \langle concept \rangle \rightarrow \langle concept \rangle \\
& \mid \langle object\text{-NAME} \rangle : \langle concept \rangle \\
& \mid \langle \langle object\text{-NAME} \rangle, \langle object\text{-NAME} \rangle \rangle : \langle role \rangle
\end{aligned}$$

Abbildung 5.1: Die Syntax des Repräsentationsformalismus.

aufgelisteten Sprachkonstrukten noch die Möglichkeit, spezielle Typen wie Zahlen oder Zeichenketten zur Modellierung zu verwenden. Um die Darstellung nicht unnötig zu komplizieren, habe ich diese Sprachkonstrukte weggelassen. Ebenso verzichte ich hier auf die komplexe ABox-Sprache von BACK V4, die vom formalen Standpunkt keine Erweiterung des Sprachumfangs beinhaltet, aber die Benutzerfreundlichkeit des Systems erheblich verbessert. Außerdem enthält die hier angeführte Syntax Sprachkonstrukte, die von BACK V4 nicht unterstützt werden. Diese Sprachkonstrukte sollen in BACK V5 integriert werden, das voraussichtlich im Sommer 1992 ausgeliefert wird. Die rollenbildenden Operatoren, die ausführlich in [Quantz 90] behandelt werden, sind darüberhinaus bereits prototypisch in μBACK^3 implementiert worden.

Wie die Syntax deutliche macht, gibt es im wesentlichen drei Entitäten in BACK: Konzepte, die den einstelligen Begriffen entsprechen, Rollen, die relationalen Begriffen entsprechen, und Objekte, die den Diskursreferenten entsprechen. Ich werde im folgenden zunächst die formale Semantik dieser Repräsentationssprache angeben, bevor ich daran anschließend anhand einer kleinen Beispielmodellierung die Bedeutung der einzelnen Sprachkonstrukte intuitiv illustriere. LeserInnen, die an formalen Aspekten nicht interessiert sind, können direkt auf Seite 89 vorblättern.

Semantik

Ich wähle im folgenden eine Darstellung, die stark an der modelltheoretischen Semantik der Prädikatenlogik orientiert ist. Die folgende Definition dient der notationellen Vereinfachung in nachfolgenden Definitionen.

Definition 5.1.1 $r \subseteq A \times B$ sei eine Relation und $a \in A$. Die **Anwendung** von r auf a ist folgendermaßen definiert:

$$r(a) \stackrel{\text{def}}{=} \{b \in B : \langle a, b \rangle \in r\}$$

Eine Struktur \mathcal{M} ist dann definiert als ein geordnetes Paar $\langle D, I \rangle$, wobei D Domäne von \mathcal{M} heißt. I ist eine Funktion, die jedem Objektamen o injektiv ein Element $\mathcal{I}[o]$ aus D , jedem Konzept c eine Teilmenge $\mathcal{I}[c]$ von D und jeder Rolle r eine zweistellige Relation $\mathcal{I}[r]$ auf D zuordnet, und dabei die folgenden Gleichungen erfüllt:

$$\mathcal{I}[\text{anything}] = D \tag{5.1}$$

³ μBACK wurde von StudentInnen im Rahmen einer zwei-semesterigen Projektveranstaltung implementiert. Diese Implementierung verzichtet auf Effizienz und Benutzerfreundlichkeit und ermöglicht stattdessen die schnelle Integration neuer Sprachkonstrukte mit dem Ziel, erste Erfahrungen über deren Auswirkung auf Systemverhalten und Modellierungsmöglichkeiten zu sammeln.

$$\mathcal{I}[\text{nothing}] = \emptyset \quad (5.2)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{c}_1 \text{ and } \mathbf{c}_2] = \mathcal{I}[\mathbf{c}_1] \cap \mathcal{I}[\mathbf{c}_2] \quad (5.3)$$

$$\mathcal{I}[\text{not}(\mathbf{c})] = D \setminus \mathcal{I}[\mathbf{c}] \quad (5.4)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{all}(\mathbf{r}, \mathbf{c})] = \{d \in D : \mathcal{I}[\mathbf{r}](d) \subseteq \mathcal{I}[\mathbf{c}]\} \quad (5.5)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{some}(\mathbf{r}, \mathbf{c})] = \{d \in D : \mathcal{I}[\mathbf{r}](d) \cap \mathcal{I}[\mathbf{c}] \neq \emptyset\} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{the}(\mathbf{r}, \mathbf{c})] = \mathcal{I}[d \in D : \mathcal{I}[\mathbf{r}](d) \subseteq \mathcal{I}[\mathbf{c}] \wedge |\mathcal{I}[\mathbf{r}](d)| = 1] \quad (5.7)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{atleast}(\mathbf{m}, \mathbf{r})] = \{d \in D : |\mathcal{I}[\mathbf{r}](d)| \geq m\} \quad (5.8)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{atmost}(\mathbf{m}, \mathbf{r})] = \{d \in D : |\mathcal{I}[\mathbf{r}](d)| \leq m\} \quad (5.9)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{exactly}(\mathbf{m}, \mathbf{r})] = \{d \in D : |\mathcal{I}[\mathbf{r}](d)| = m\} \quad (5.10)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{equal}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)] = \{d \in D : \mathcal{I}[\mathbf{r}_1](d) = \mathcal{I}[\mathbf{r}_2](d)\} \quad (5.11)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{subset}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)] = \{d \in D : \mathcal{I}[\mathbf{r}_1](d) \subseteq \mathcal{I}[\mathbf{r}_2](d)\} \quad (5.12)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{fills}(\mathbf{o}, \mathbf{r})] = \{d \in D : \mathcal{I}[\mathbf{o}] \in \mathcal{I}[\mathbf{r}](d)\} \quad (5.13)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{oneof}(\mathbf{o}_1 \dots \mathbf{o}_n)] = \{\mathcal{I}[\mathbf{o}_1] \dots \mathcal{I}[\mathbf{o}_n]\} \quad (5.14)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{anyrole}] = D \times D \quad (5.15)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{self}] = \{\langle d, d \rangle \in D \times D\} \quad (5.16)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{r}_1 \text{ and } \mathbf{r}_2] = \mathcal{I}[\mathbf{r}_1] \cap \mathcal{I}[\mathbf{r}_2] \quad (5.17)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{not}(\mathbf{r})] = D \times D \setminus \mathcal{I}[\mathbf{r}] \quad (5.18)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{inv}(\mathbf{r})] = \{\langle d, e \rangle \in D \times D : \langle e, d \rangle \in \mathcal{I}[\mathbf{r}]\} \quad (5.19)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{r}_1 \text{ comp } \mathbf{r}_2] = \mathcal{I}[\mathbf{r}_1] \circ \mathcal{I}[\mathbf{r}_2] \quad (5.20)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{trans}(\mathbf{r})] = (\mathcal{I}[\mathbf{r}])^+ \quad (5.21)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{domain}(\mathbf{c})] = \mathcal{I}[\mathbf{c}] \times D \quad (5.22)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{range}(\mathbf{c})] = D \times \mathcal{I}[\mathbf{c}] \quad (5.23)$$

Die folgenden Gleichungen legen fest, wann eine Struktur \mathcal{M} eine Formel erfüllt:

$$\mathcal{M} \models \mathbf{c}_2 \sqsubseteq \mathbf{c}_1 \text{ iff } \mathcal{I}[\mathbf{c}_2] \subseteq \mathcal{I}[\mathbf{c}_1] \quad (5.24)$$

$$\mathcal{M} \models \mathbf{c}_1 \doteq \mathbf{c}_2 \text{ iff } \mathcal{I}[\mathbf{c}_2] = \mathcal{I}[\mathbf{c}_1] \quad (5.25)$$

$$\mathcal{M} \models \mathbf{c}_1 \rightarrow \mathbf{c}_2 \text{ iff } \mathcal{I}[\mathbf{c}_2] \subseteq \mathcal{I}[\mathbf{c}_1] \quad (5.26)$$

$$\mathcal{M} \models \mathbf{o} : \mathbf{c} \text{ iff } \mathcal{I}[\mathbf{o}] \in \mathcal{I}[\mathbf{c}] \quad (5.27)$$

$$\mathcal{M} \models \langle \mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2 \rangle : \mathbf{r} \text{ iff } \langle \mathcal{I}[\mathbf{o}_1], \mathcal{I}[\mathbf{o}_2] \rangle \in \mathcal{I}[\mathbf{r}] \quad (5.28)$$

Definition 5.1.2 Eine Struktur \mathcal{M} ist ein Modell für eine Formel ϕ gdw $\mathcal{M} \models \phi$; sie ist ein Modell für eine Formelmenge Δ , wenn sie ein Modell für jede Formel in Δ ist. Eine Formel ϕ **folgt** aus einer Formelmenge Δ ($\Delta \models \phi$) gdw jede Struktur, die ein Modell für Δ ist, auch ein Modell für ϕ ist.

Beispiele

Die folgende Beispielterminologie soll die Semantik der konzept- und rolenbildenden Operatoren illustrieren. Als Gegenstandsbereich habe ich die Verwandtschaftsbeziehungen gewählt, weil die intuitive Bedeutung dieser Begriffe jedem vertraut sein dürfte, und weil sich diese Begriffe sehr einfach definieren lassen.

Mensch	\sqsubseteq	anything
weiblich	\sqsubseteq	anything
Frau	\doteq	Mensch and weiblich
Mann	\doteq	Mensch and not(weiblich)
hat ehepartner	\sqsubseteq	domain(Mensch) and range(Mensch)
hat mann	\doteq	hat ehepartner and domain(Frau) and range(Mann)
hat frau	\doteq	inv(hat mann)
hat kind	\sqsubseteq	domain(Mensch) and range(Mensch)
hat tochter	\doteq	hat kind and range(Frau)
hat sohn	\doteq	hat kind and range(Mann)
hat enkelkind	\doteq	hat kind comp hat kind
hat elternteil	\doteq	inv(hat kind)
hat geschwister	\doteq	(hat elternteil comp hat kind) and not(self)
hat schwester	\doteq	hat geschwister and range(Frau)
hat bruder	\doteq	hat geschwister and range(Mann)
hat vorfahre	\doteq	trans(hat elternteil)
Verheiratet	\doteq	atleast(1,hat ehepartner)
Junggeselle	\doteq	Mann and atmost(0,hat frau)
Vater	\doteq	Mann and atleast(1,hat kind)
Mutter	\doteq	Frau and atleast(1,hat kind)
Großmutter	\doteq	Frau and atleast(1,hat enkelkind)
Zufriedener Vater	\doteq	Vater and all(hat kind,Verheiratet)
Einzelkind	\doteq	Mensch and atmost(0,hat geschwister)

Aufgrund dieser Definitionen und der angegebenen Semantik ergeben sich weitere semantische Beziehungen zwischen den definierten Begriffen. So kann ein terminologisches Repräsentationssystem beispielsweise berechnen, daß die Begriffe **Verheiratet** und **Junggeselle** *disjunkt* sind, daß es also keine verheirateten Junggesellen geben kann. Der Beweis beginnt mit der Definition von **Junggeselle**, die besagt, daß ein Junggeselle keine Frauen hat. Daraus folgt, daß er auch keinen Ehepartner hat, was der Definition von **Verheiratet** widerspricht. Ebenso kann abgeleitet werden, daß **Großmutter** von **Mutter** subsumiert wird, daß also jede Großmutter auch eine Mutter ist.

Interessanter als diese Inferenzen auf der begrifflichen Ebene sind aber die Schlußfolgerungen, die sich ergeben, wenn Objekte mit diesen Begriffen beschrieben werden. Das folgende Beispiel zeigt einige Inferenzen, die bei der Eingabe von Fakten abgeleitet werden, wenn die obige Beispielterminologie vorausgesetzt wird.

<i>Eingabe</i>	<i>Inferenz</i>
⟨igraine, morgaine⟩ : hat kind	⟨igraine, morgaine⟩ : hat nachfahre
	⟨morgaine, igraine⟩ : hat elternteil
⟨morgaine, gwydion⟩ : hat sohn	gwydion : Mann
	⟨igraine, gwydion⟩ : hat enkelkind
	⟨morgaine, gwydion⟩ : hat nachfahre
	⟨igraine, gwydion⟩ : hat nachfahre
	⟨gwydion, morgaine⟩ : hat elternteil
morgaine : Weiblich	⟨igraine, morgaine⟩ : hat tochter
	morgaine : Mutter

Algorithmen und Systeme

Bei der Entwicklung terminologischer Repräsentationssysteme geht es darum, die semantischen Begriffe der beiden Komponenten algorithmisch umzusetzen. Für die TBox ist dies die Subsumption, für die ABox die Folgerung. Der TBox-Algorithmus, der bei einer vorgegebenen Terminologie entscheidet, ob zwischen zwei beliebigen Termen eine Subsumptionsbeziehung vorliegt oder nicht, wird als *Classifier* bezeichnet. Der ABox-Algorithmus, der bei vorgegebener Terminologie und Weltbeschreibung entscheidet, ob ein beliebiges Fakt folgt oder nicht, wird als *Recognizer* bezeichnet.

Hinsichtlich dieser Aufgaben kann nun zwischen *Eingabezeit-* und *Anfragezeitalgorithmen* unterschieden werden.⁴ Dieser Unterschied läßt sich bei näherer Betrachtung des Anwendungsszenarios verdeutlichen. Beim Einsatz eines terminologischen Repräsentationssystems können drei Phasen unterschieden werden: Modellierung der Terminologie, Modellierung der Weltbeschreibung und Informationsabfrage. Eingabezeitalgorithmen berechnen bereits in den Modellierungsphasen Inferenzen, die sich aus der eingegebenen Information ergeben. Anfragezeitalgorithmen berechnen dagegen erst während der Informationsabfrage die zur Beantwortung einer Frage notwendige Information. Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile, auf die hier nicht im einzelnen eingegangen werden kann. Vereinfacht gesagt besteht der Vorteil der Eingabezeitalgorithmen darin, daß Inkonsistenzen in der Modellierung frühzeitig festgestellt werden und daß Anfragen schnell beantwortet werden können, da die Ergebnisse bereits vorberechnet wurden. Der Nachteil dieser

⁴Vergleiche hierzu [Nebel 90, 4.4.1] und [Kindermann 90].

Algorithmen besteht darin, daß sie unter Umständen Inferenzen berechnen, die nie benötigt werden. Eine vollständige Vorausberechnung aller Inferenzen ist darüberhinaus schon deswegen nicht möglich, weil die Menge der Inferenzen in der Regel unendlich ist.⁵ Beispielsweise folgen aus der Objektbeschreibung $o : \text{atmost}(2, r)$ die Fakten $o : \text{atmost}(3, r)$, $o : \text{atmost}(4, r)$, usw. Da also nicht alle Inferenzen explizit berechnet werden können, sind zwei Überlegungen für Eingabezeitalgorithmen relevant: zum einen brauchen Inferenzen nicht explizit berechnet zu werden, die schnell aus den explizit berechneten Inferenzen abgeleitet werden können (dies ist im obigen Beispiel der Fall). Zum anderen sollten nur die “interessanten” Inferenzen zur Eingabezeit berechnet werden, während uninteressante Inferenzen erst zur Anfragezeit zu berechnen sind. In terminologischen Repräsentationssystemen können Inferenzen aufgrund ihres Bezugs zu den in der Terminologie definierten Termen in interessante und uninteressante Inferenzen unterteilt werden: wenn ein neuer Term in die Terminologie eingeführt wird, bestimmt der Classifier die Subsumptionsbeziehung zu jedem bereits eingeführten Term. Dieser Vorgang wird als *Termklassifikation* bezeichnet. Wenn eine neue Objektbeschreibung eingegeben wird, bestimmt der Recognizer für jedes Objekt in der ABox, welche Konzepte es instantiiert. Dieser Vorgang wird als *Objektklassifikation* bezeichnet.⁶

Theoretische Untersuchungen haben sich mit der Komplexität der Klassifikation in verschiedenen terminologischen Sprachen beschäftigt und gezeigt, daß ab einem bestimmten Sprachumfang keine vollständigen effizienten Algorithmen möglich sind. In den terminologischen Repräsentationssystemen werden daher im allgemeinen nur unvollständige Algorithmen implementiert, die nicht alle Inferenzen berechnen können.

5.2 Semantische Repräsentation

Bei der Einführung des BACK-Formalismus im vorigen Abschnitt habe ich bereits die verschiedenen Komponenten terminologischer Repräsentationssysteme erwähnt. In diesem Abschnitt zeige ich nun, wie die einzelnen Komponenten zur Modellierung unterschiedlicher Informationen verwendet werden können, welche Aspekte für die semantische Repräsentation relevant sind und wie eine Repräsentation anaphorischer Bezüge in BACK aussieht.

⁵Das Problem, daß logische Inferenzsysteme unendliche Mengen von Folgerungen generieren, wird sehr allgemein und mit anderen Ergebnissen in [Sperber, Wilson 86, S. 95ff] diskutiert.

⁶Diese Objektklassifikation ist eine Grundlage für die Unterstützung der Anaphernresolution durch terminologische Logiken (siehe Abschnitt 5.4).

Back	Vogel \sqsubseteq Tier
Montague-Semantik	Vogel(x) \rightarrow Tier(x)
Situationssemantik	involves(Vogel,Tier)
Komponentenanalyse	Vogel: Tier

Abbildung 5.2: Verschiedene Varianten der lexikalischen Semantik.

Die terminologische Komponente als Konzeptlexikon

Die terminologische Komponente (TBox) von BACK wird im allgemeinen zur Modellierung einer definitiven Terminologie eines bestimmten Gegenstandsbereiches verwendet. Im Kontext der Sprachverarbeitung kann die TBox dabei als *Konzeptlexikon* aufgefaßt werden, in dem den Lexemen des Deutschen bestimmte konzeptuelle Eigenschaften zugeordnet werden. Diese Eigenschaften werden gemäß der TL-Philosophie als notwendige und unter Umständen auch als hinreichende Eigenschaften behandelt und sie repräsentieren die Bedeutung, die dem jeweiligen Lexem definitiv zugeordnet wird.

In diesem Sinne wird die TBox zur konzeptuellen Repräsentation verwendet, die die vorgegebenen Bedeutungsbeziehungen zwischen natürlichsprachlichen Ausdrücken erfassen soll. Traditionell wird dieser Bereich als lexikalische Semantik bezeichnet. Die einzelnen TBox-Einträge entsprechen daher den Bedeutungspostulaten der intensionalen Semantik oder den konventionellen Constraints der Situationssemantik. Gleichzeitig lassen sich aber auch die Ideen der Komponentenanalyse und Untersuchungen zu semantischen Merkmalen und Rollen in BACK formulieren. Tabelle 5.2 zeigt einen TBox-Eintrag und die korrespondierenden Formulierungen in anderen Formalismen.

Ein prinzipieller Einwand gegen definitorenische Repräsentationen von Wortbedeutungen verweist auf die undefinierbarkeit von Alltagsbegriffen.⁷ Eine ausführliche Behandlung dieser Problematik würde den Rahmen dieser

⁷Vergleiche hierzu die zusammenfassende Darstellung in [Schmitz 90, Kap. 4].

Arbeit sprengen, zumal es sich hier nicht um einen spezifischen Aspekt anaphorischer Bezüge, sondern um ein sehr allgemeines Problem handelt. Für die weitere Darstellung sollen jedoch die folgenden Argumente zugrundegelegt werden.

- Die Verwendung primitiver Konzepte ermöglicht eine Modellierung, in der lediglich notwendige, keineswegs aber hinreichende Eigenschaften zur Definition verwendet werden. Hiermit lassen sich etwa *natural kind terms* wie **Tiger** oder **Wasser** und durch Familienähnlichkeit charakterisierte Begriffe wie **Spiel** repräsentieren.
- Durch die Verwendung von Standardannahmen können Eigenschaften modelliert werden, die nicht als notwendige Bedingungen angesehen werden und eher prototypischer Natur sind. Gemäß der TL-Philosophie gehören diese Eigenschaften dann aber nicht zur terminologischen Bedeutung eines Konzeptes, sondern sind eher dem Weltwissen zuzuordnen (siehe Abschnitt 5.2).
- Darüberhinaus kann stärker als in der Linguistik üblich zwischen Wörtern und Begriffen getrennt werden. Jedem Lexem werden dann unter Umständen sehr viele Begriffe zugeordnet, so daß zwar die einzelnen Begriffe klar definiert sind, nicht aber das Wort, das zum Ausdruck der unterschiedlichen Begriffe verwendet wird. So kann **Schule** beispielsweise verwendet werden, um auf ein Gebäude, die allgemeine Institution, eine konkrete Institution oder einen bestimmten Prozeß zu referieren (vgl. [Bierwisch 83]). Die jeweiligen Diskursreferenten sind dann Instanzen sehr unterschiedlicher Konzepte, und entsprechend werden dem Lexem **Schule** unterschiedliche Begriffe zugeordnet.

Obleich diese Bemerkungen den prinzipiellen Einwand gegen eine defini-torische Bedeutungsrepräsentation nicht widerlegen können, zeigen sie doch, daß eine solche Repräsentation für natürliche Sprachen nicht von vorneherein zum Scheitern verurteilt ist.

Repräsentation des Textinhaltes

In der assertionalen Komponente (ABox) wird Wissen über einzelne Objekte repräsentiert. Dabei können zwei Arten von *Fakten* unterschieden werden: zum einen kann ein Objekt als Instanz eines Konzeptes beschrieben werden $o : c$, zum anderen können zwei Objekte in einer bestimmten Relation zueinander stehen $\langle o_1, o_2 \rangle : r$. Diese zwei Arten von Fakten können verwendet werden, um den Inhalt von Texten zu repräsentieren. Ich gehe dabei davon aus, daß Aussagesätze auf Sachverhalte referieren und daß diese durch Fakten

repräsentiert werden können.⁸ Dabei ist jedoch zu beachten, daß lediglich Aussagesätze, in denen auf einzelne Objekte referiert wird, in ABox-Fakten überführt werden können. Fragesätze und quantifizierte Sätze etwa lassen sich mit diesem Ansatz nicht repräsentieren. Daher können zunächst auch nur drei der vier Anaphertypen in BACK behandelt werden.

Bei Identitätsanaphern erhalten Antezedens und Anapher dasselbe ABox-Objekt als Referenten:

$$o_1 : c_1$$

$$o_1 : c_2$$

Der folgende Beispielsatz und seine logische Form illustrieren dieses allgemeine Schema:

(140) Hans besitzt ein Auto. Es ist rot.

(141) $\langle \text{Hans}, o_1 \rangle$: besitzt

$$o_1 : \text{Auto}$$

$$\langle o_1, o_2 \rangle : \text{hat farbe}$$

$$o_2 : \text{Rot}$$

Bei Substitutionsanaphern erhalten Antezedens und Anapher verschiedene ABox Objekte desgleichen Typs als Referenten:

$$o_1 : c_1$$

$$o_2 : c_1$$

Auch hier ein konkretes Beispiel:

(142) Hans besitzt ein rotes Auto und Ingo ein gelbes U.

(143) $\langle \text{Hans}, o_1 \rangle$: besitzt

$$o_1 : \text{Auto}$$

$$\langle o_1, o_2 \rangle : \text{hat farbe}$$

$$o_2 : \text{Rot}$$

$$\langle \text{Udo}, o_3 \rangle : \text{besitzt}$$

$$o_3 : \text{Auto}$$

$$\langle o_3, o_4 \rangle : \text{hat farbe}$$

$$o_4 : \text{Gelb}$$

Bei Kontiguitätsanaphern erhalten Antezedens und Anapher verschiedene ABox Objekte, die in einer bestimmten Beziehung zueinander stehen, als Referenten:

⁸Vergleiche zu diesem Vorgehen auch [Heinemann, Viehweger 91, S. 42ff], wo Texte als Propositionskomplexe charakterisiert werden.

$$\begin{aligned} o_1 &: c_1 \\ o_2 &: c_2 \\ \langle o_1, o_2 \rangle &: r_1 \end{aligned}$$

Im folgenden Beispielsatz stehen die Referenten in der Teil/Ganzes Beziehung zueinander:

(144) Udos Auto ist in der Werkstatt. Der Anlasser ist kaputt.

(145) $\langle \text{Udo}, o_1 \rangle$: besitzt
 o_1 : Auto
 $\langle o_1, o_2 \rangle$: ist an ort
 o_2 : Werkstatt
 o_3 : Kaputt
 o_3 : Anlasser
 $\langle o_1, o_3 \rangle$: hat teil

Um auch Bindungsanaphern in BACK repräsentieren zu können, müssen generalisierte Quantoren in die Repräsentationssprache integriert werden. Wie dies geschehen kann, werde ich in Abschnitt 5.3 skizzieren.

Domain- und Weltwissen als Regeln

Neben der terminologischen und der assertionalen Komponente gibt es in einigen terminologischen Repräsentationssystemen als weitere Komponente noch die *IBox*, in der Regelwissen modelliert werden kann. Die Regeln können dabei universalen Status haben oder als Standardannahmen interpretiert werden. Im Unterschied zum in der TBox repräsentierten Wissen wird das Regelwissen nicht als definitiv und somit nicht als Bedeutungsbestandteil angesehen, obgleich sich aus TBox und IBox ähnliche Inferenzen ergeben können.⁹

Epistemologisch gesehen steht die IBox zwischen TBox und ABox. Während in der TBox Sprachwissen modelliert wird, enthalten IBox und ABox Weltwissen. Und während in der ABox Wissen über Objekte repräsentiert ist, befindet sich in der TBox und in der IBox Wissen über Klassen von Objekten.

Da die Unterscheidung zwischen Sprach- und Weltwissen nicht scharf definiert werden kann, muß bei der Modellierung für jeden Einzelfall entschieden werden, welche Information in welcher Komponente repräsentiert werden soll. So könnte der Begriff **Hund** etwa folgendermaßen modelliert werden:

⁹Ein Anwendungsbeispiel, das den Unterschied zwischen TBox und IBox illustriert, findet sich in [Quantz, Kindermann 90].

Hund \sqsubseteq Tier
 Hund \rightarrow Tollwutüberträger
 Hund \rightsquigarrow **exactly(4,Beine)**

Auf der terminologischen Ebene wird lediglich ausgesagt, daß der Begriff **Hund** ein Unterbegriff des Begriffes **Tier** ist. Die Eigenschaft von Hunden, Tollwut übertragen zu können, wird dagegen nicht als Bedeutungsbestandteil des Begriffes **Hund** betrachtet, sondern als universelle Regel und somit als Weltwissen modelliert. Die Eigenschaft von Hunden, vier Beine zu haben, wird sogar nur als Standardannahme repräsentiert, da es auch Hunde mit weniger Beinen geben kann.

5.3 Notwendige Erweiterungen

In den vorangegangenen Kapiteln habe ich bereits an einigen Stellen angedeutet, daß bestimmte Erweiterungen des Repräsentationsformalismus notwendig sind, um einen größeren Teil des Phänomenbereiches anaphorischer Bezüge repräsentieren zu können. Hinsichtlich dieser Erweiterungen lassen sich jedoch drei Fälle unterscheiden:

1. Erweiterungen, die notwendig sind, um bestimmte Anapherntypen zu repräsentieren, wie die Integration von Quantoren zur Repräsentation von Bindungsanaphern.
2. Erweiterungen zur Repräsentation von Phänomenen, die nicht spezifisch für anaphorische Bezüge sind, aber mit diesen interagieren. Innerhalb dieser Kategorie kann weiter unterschieden werden zwischen (a) Phänomen, die bereits formal untersucht wurden (z.B. Standardannahmen zur Repräsentation von Selektionsrestriktionen), und (b) solchen, für die es noch keine formalen Ansätze gibt (z.B. die ontologische Differenzierung des Referentenbereiches).
3. Erweiterungen, die die Verbindung zwischen verschiedenen Repräsentationsebenen betreffen (z.B. Syntax und Semantik).

Ich werde mich im folgenden im wesentlichen mit Erweiterungen vom Typ (1) und (2a) beschäftigen und die anderen Erweiterungen nur sehr oberflächlich behandeln.

Die Integration neuer Sprachkonstrukte in ein terminologisches Repräsentationssystem umfaßt mehrere Aspekte. Zunächst muß eine *intuitive Vorstellung* darüber vorhanden sein, was mit dem neuen Sprachkonstrukt modelliert werden soll und welche Inferenzen erwartet werden. In einem nächsten Schritt müssen dann die *Syntax* und anschließend die *Semantik* des

Sprachkonstrukts festgelegt werden. Aufgrund der Semantik müssen dann *Algorithmen* zur Berechnung von Subsumptions- und Folgerungsbeziehungen entwickelt und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Komplexität untersucht werden. Diese Algorithmen müssen dann *implementiert* werden, wobei die bestehende Architektur des Repräsentationssystems und die verwendeten Datenstrukturen berücksichtigt werden müssen. Diese Bemerkungen sollen deutlich machen, daß die im folgenden skizzierten Erweiterungen nur als erste Vorschläge zu verstehen sind, die in Einzeluntersuchungen weiter ausgeführt werden müssen.

Generalisierte Quantoren

Vom Standpunkt der Textrepräsentation hatte sich das Fehlen von Quantoren als wesentlicher Schwachpunkt terminologischer Repräsentationssysteme erwiesen. Während die anderen drei Anapherntypen problemlos in BACK repräsentiert werden können, war eine Repräsentation von Bindungsanaphern nicht möglich. In diesem Abschnitt werde ich daher zeigen, wie die Forschungsergebnisse aus den Gebieten generalisierter Quantoren und Bindungsanaphern in BACK integriert werden können. Ich werde dabei zunächst schrittweise erläutern, wie eine Integration aussehen kann und welche Beispiele mit der erweiterten Sprache repräsentiert werden können. Daran anschließend spezifiziere ich Syntax und Semantik der erweiterten terminologischen Logik. Abschließend zeige ich, daß die von mir vorgeschlagenen Repräsentationen tatsächlich den semantischen Gehalt der Beispielsätze erfassen.

Generalisierte Quantoren können in zweierlei Hinsicht in terminologische Logiken integriert werden. Generalisierte Quantoren werden als Teilmengen von $\mathcal{P}(D) \times \mathcal{P}(D)$ also als binäre Relationen zwischen Teilmengen von D interpretiert.¹⁰ Da Konzepte in terminologischen Logiken als Teilmengen von D interpretiert werden, liegt es nahe, Formeln bestehend aus einem Quantor und zwei Konzepten in die Repräsentationssprache aufzunehmen: $q(c_1, c_2)$.

Darüberhinaus kann von den bereits existierenden Quantoren in terminologischen Logiken ausgegangen werden, die aus einer Rolle und einem Konzept ein neues Konzept bilden (z.B. **all**(r, c) oder **some**(r, c)). Auf den ersten Blick scheinen diese Konstrukte nicht der Beobachtung zu entsprechen, daß Quantoren zwei Mengenausdrücke zueinander in Beziehung setzen, da Rollen Mengen von Paaren, Konzepte aber Mengen von einfachen Elementen sind. Betrachtet man aber die Semantik von **all**, so sieht man, daß die Rolle in diesem Ausdruck so verwendet wird, daß die Rollenfüller (eine Menge von

¹⁰Einen ausgezeichneten Überblick über die Theorie der generalisierten Quantoren bietet [Westerstahl 89].

einfachen Elementen) an einem bestimmten Objekt zu einem Konzept in Beziehung gesetzt werden. Während $\mathbf{all}(c_1, c_2)$ also eine Formel ist, ist $\mathbf{all}(r, c)$ ein Konzept, da es die Menge aller der Objekte denotiert, deren Rollenfüller an r eine Teilmenge von c sind. Auch die Kardinalitätsbeschränkungen können in dieses Format überführt werden. Man erhält dann sogenannte *qualifizierte* Kardinalitätsbeschränkungen der Form $\geq n(r, c)$.¹¹ Diese Überlegungen legen nahe, auch Konzepte der Form $\mathbf{q}(r_1, r_2)$ oder $\mathbf{q}(c, r)$ zuzulassen. Das erste Konstrukt entspricht den *Role Value Maps*, während das zweite Konstrukt bisher nicht in terminologischen Logiken verwendet wird.

Mit dieser erweiterten terminologischen Logik lassen sich etwa die folgenden Sätze repräsentieren:¹²

(146) Die meisten Abgeordneten sind Männer.

(147) $\mathbf{most}(\text{Abgeordneter}, \text{Mann})$

(148) Einige Abgeordnete sind Frauen.

(149) $\mathbf{some}(\text{Abgeordneter}, \text{Frau})$

(150) Alle Väter lieben ihre Töchter.

(151) $\mathbf{all}(\text{Vater}, \mathbf{all}(\text{hat tochter}, \text{liebt}))$

Eine am Substitutionsansatz orientierte Repräsentation von Bindungsanaphern ist nun ebenfalls möglich:

(152) Jeder Bauer, der einen Esel besitzt, schlägt ihn.

(153) $\mathbf{all}(\text{Bauer and some}(\text{besitzt}, \text{Esel}), \mathbf{all}(\text{schlägt}, \text{besitzt and range}(\text{Esel})))$

(154) $\mathbf{all}(\text{Bauer and some}(\text{besitzt}, \text{Esel}), \mathbf{some}(\text{schlägt}, \text{besitzt and range}(\text{Esel})))$

(155) $\mathbf{all}(\text{Bauer and some}(\text{besitzt}, \text{Esel}), \mathbf{the}(\text{schlägt}, \text{besitzt and range}(\text{Esel})))$

¹¹“Normale” Kardinalitätsbeschränkungen wie $\mathbf{atleast}(n, r)$ oder $\mathbf{atmost}(n, r)$ sind natürlich äquivalent zu den qualifizierten Kardinalitätsbeschränkungen $\geq n(r, \mathbf{anything})$ beziehungsweise $\leq n(r, \mathbf{anything})$.

¹²Im folgenden gehe ich unkritisch davon aus, daß die natürlichsprachlichen Quantoren logisch interpretiert werden. Inwieweit beispielsweise *alle* in einigen Fällen als *typischerweise* und somit nicht als strikt interpretiert werden sollte, muß hier leider ausgeklammert werden.

Während in 153 die universelle Interpretation repräsentiert wird, repräsentiert 154 die indefinite und 155 die definite Interpretation. Zu beachten ist hierbei, daß statt der traditionellen Repräsentation durch Variablen und deren Bindung hier eine objekt-zentrierte Repräsentation verwendet wird. Die Abhängigkeiten, die sich aus der jeweiligen Skopusstruktur ergeben, werden dabei durch die Rollenfüllerbeziehungen erfaßt.

Im folgenden werde ich nun noch eine Erweiterung vorstellen, die den Vorschlägen der Referenzansätze entspricht. Meine Argumentation stützt sich dabei auf folgende Beispielsätze:

- (156) Chemoplant produziert Toxipharm. Es ist toxisch.
- (157) Chemoplant produziert sechs toxische Substanzen. Sie sind brennbar.
- (158) Chemoplant produziert sechs toxische Substanzen. Zwei von ihnen sind brennbar.
- (159) Drei Firmen produzieren vier toxische Substanzen.
 - (a) Die meisten von ihnen sind brennbar.
 - (b) Sie exportieren sie.

Beispiel 157 kann dabei als analog zu 156 gesehen werden, wobei hier nicht auf einen einzelnen Gegenstand, sondern auf eine Menge von Gegenständen referiert wird. Um die Parallele zwischen beiden Sätzen zu erfassen, werde ich daher Objektnamen nicht mehr als Elemente aus D , sondern als Teilmengen von D interpretieren. Die Formel $o : c$ wird dann von einer Struktur erfüllt, wenn $\mathcal{I}[o] \subseteq \mathcal{I}[c]$. Mit dieser Veränderung erhalten Objekte und Konzepte einen ähnlichen Status, da beide nun als Teilmengen von D interpretiert werden. Es liegt daher nahe, an den syntaktischen Positionen, an denen bisher Konzepte auftreten konnten, auch Objektnamen zuzulassen. Beispiel 157 kann dann repräsentiert werden als:

- (160) $\{\text{chemoplant} : 6(\text{Toxische Substanz, produziert}), o_1 : \text{Toxische Substanz}, \langle \text{chemoplant}, o_1 \rangle : \text{produziert}, 6(o_1, \text{Toxische Substanz}), o_1 : \text{Brennbar}\}$

Es wird hier also der Diskursreferent o_1 für sechs toxische Substanzen eingeführt. o_1 muß aufgrund seiner Beschreibungen interpretiert werden als eine sechs-elementige Menge toxischer Substanzen, die von **chemoplant** produziert werden und brennbar sind. Wie aber ist eine Formel der Form $\langle o_1, o_2 \rangle : r$ zu interpretieren, wenn o_1 und o_2 nicht mehr als Gegenstände, sondern als Mengen von Gegenständen interpretiert werden?

In diesem Zusammenhang ist Satz 159 von Bedeutung, der drei mögliche Lesarten zuläßt:

- Nach der *kollektiven* Lesart produzieren drei Firmen zusammen vier toxische Substanzen, zwei Firmen produzieren also etwa je eine toxische Substanz, die dritte produziert zwei.
- Gehen wir von einer distributiven Lesart aus, so bleiben noch immer zwei Möglichkeiten. Zum einen kann das Prädikat **produzieren vier toxische Substanzen** an die einzelnen Firmen distribuiert werden. Zwar produzieren dann drei Firmen jeweils vier toxische Substanzen, die jeweils produzierten Substanzen müssen aber nicht dieselben sein. Ich spreche in diesem Fall von der *prädikativen* Interpretation.
- Bei der *referentiellen* Interpretation gibt es dagegen genau vier toxische Substanzen, die von allen drei Firmen produziert werden. Hier wird also der Referent mit distribuiert.

Um diesen Unterschied zu erfassen, unterscheide ich zwischen den Formeln $\langle \mathfrak{o}_1, \mathfrak{o}_2 \rangle : r$ und $\langle \mathfrak{o}_1, \mathfrak{o}_2 \rangle :: r$. Die erste Formel ist erfüllt, wenn jedes Element aus \mathfrak{o}_1 alle Elemente aus \mathfrak{o}_2 als Rollenfüller für r hat (distributive Lesart). Die zweite Formel ist erfüllt, wenn jedes Element aus \mathfrak{o}_2 ein Rollenfüller für r an mindestens einem Element aus \mathfrak{o}_1 ist (kollektive Lesart). Unter diesem referentiellen Gesichtspunkt ist die prädikative Lesart übrigens als kollektiv und nicht als distributiv einzustufen: die drei Firmen produzieren gemeinsam eine bestimmte Anzahl toxischer Substanzen (zwischen 4 und 12).

Die Folgesätze 159a und 159b machen deutlich, daß zwei Aspekte bei kollektiven Rollenfüller-Relationen unterschieden werden müssen: in Satz 159a referiert *ihnen* auf die Gesamtheit der von den drei Firmen produzierten toxischen Substanzen; demgegenüber referiert das zweite *sie* in Satz 159b für jede Firma jeweils auf die toxischen Substanzen, die von ihr produziert werden.¹³ In diesem Satz fungiert *sie* tatsächlich als gebundene Variable. Um diese Abhängigkeit zwischen Objekten zu erfassen, führe ich als weitere Formel $\langle \mathfrak{o}_1, \mathfrak{o}_2 \rangle := r$ ein. Diese Formel führt dazu, daß dem Paar $\langle \mathfrak{o}_1, \mathfrak{o}_2 \rangle$ genau die Relation zugeordnet wird, die jedem Element von \mathfrak{o}_1 diejenigen Elemente von \mathfrak{o}_2 zuordnet, die es als Rollenfüller für r hat.

Damit ergibt sich die folgende Syntax:¹⁴

¹³Dies wird in der Standardnotation für Quantoren durch Skopus und entsprechende Substitution erreicht.

¹⁴Der Einfachheit halber führe ich hier nur diejenigen Konstrukte an, für die sich gegenüber der ursprünglichen Definition eine Veränderung ergibt.

$$\begin{aligned}
\langle term \rangle & ::= \langle set-term \rangle \mid \langle role \rangle \\
\langle set-term \rangle & ::= \langle object-NAME \rangle \mid \langle concept-NAME \rangle \\
& \quad \mid \langle set-term \rangle \mathbf{and} \langle set-term \rangle \\
& \quad \mid \langle quantifier \rangle(\langle role \rangle, \langle set-term \rangle) \\
& \quad \mid \langle quantifier \rangle(\langle role \rangle, \langle role \rangle) \\
& \quad \mid \langle quantifier \rangle(\langle set-term \rangle, \langle role \rangle) \\
\langle quantifier \rangle & ::= \mathbf{all} \mid \leq \langle number \rangle \mid \geq \langle number \rangle \mid \langle number \rangle \\
& \quad \mid \mathbf{some} \mid \mathbf{no} \mid \mathbf{most} \\
\langle role \rangle & ::= \mathbf{domain}(\langle set-term \rangle) \\
& \quad \mid \mathbf{range}(\langle set-term \rangle) \\
\langle formula \rangle & ::= \langle quantifier \rangle(\langle set-term \rangle, \langle set-term \rangle) \\
& \quad \mid \langle object-NAME \rangle : \langle set-term \rangle \\
& \quad \mid \langle \langle object-NAME \rangle, \langle object-NAME \rangle \rangle : \langle role \rangle \\
& \quad \mid \langle \langle object-NAME \rangle, \langle object-NAME \rangle \rangle :: \langle role \rangle \\
& \quad \mid \langle \langle object-NAME \rangle, \langle object-NAME \rangle \rangle := \langle role \rangle
\end{aligned}$$

Interpretationsfunktionen bilden jetzt Objektnamen und Konzepte in Teilmengen von D ab und Rollen in Teilmengen von $D \times D$, wobei die folgenden Gleichungen erfüllt werden:

$$\mathcal{I}[\mathbf{all}] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : X \subseteq Y\} \quad (5.29)$$

$$\mathcal{I}[\leq n] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : |X \cap Y| \leq n\} \quad (5.30)$$

$$\mathcal{I}[\geq n] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : |X \cap Y| \geq n\} \quad (5.31)$$

$$\mathcal{I}[n] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : |X \cap Y| = n\} \quad (5.32)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{some}] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : X \cap Y \neq \emptyset\} \quad (5.33)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{no}] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : X \cap Y = \emptyset\} \quad (5.34)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{most}] = \{\langle X, Y \rangle \mid X, Y \subseteq D : \frac{|X \cap Y|}{|X|} \geq 0.5\} \quad (5.35)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{q}(r, c)] = \{d \in D : \langle \mathcal{I}[r](d), \mathcal{I}[c] \rangle \in \mathcal{I}[\mathbf{q}]\} \quad (5.36)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{q}(r_1, r_2)] = \{d \in D : \langle \mathcal{I}[r_1](d), \mathcal{I}[r_2](d) \rangle \in \mathcal{I}[\mathbf{q}]\} \quad (5.37)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{q}(c, r)] = \{d \in D : \langle \mathcal{I}[c], \mathcal{I}[r](d) \rangle \in \mathcal{I}[\mathbf{q}]\} \quad (5.38)$$

Darüberhinaus bilden Interpretationsfunktionen Paare von Objektnamen in Teilmengen von $D \times D$ ab. Hier ergeben sich in Abhängigkeit von den nachfolgenden Definitionen weitere Einschränkungen.

Definition 5.3.1 Ein Objekt \mathbf{o}_1 ist bzgl. einer Formelmenge Δ von einem Objekt \mathbf{o}_2 **abgeleitet** gdw Δ eine Formel $\mathbf{q}(\mathbf{o}_1, \mathbf{o}_3)$ enthält und \mathbf{o}_3 bzgl. Δ von \mathbf{o}_2 abgeleitet ist. Die Relation “ist abgeleitet von” ist darüberhinaus reflexiv.

Definition 5.3.2 Ein Objekt \mathbf{o}_1 **hängt** bzgl. einer Formelmenge Δ von einem Objekt \mathbf{o}_2 **ab** (geschrieben $\mathbf{o}_1 < \mathbf{o}_2$) gdw Δ eine Formel $\langle \mathbf{o}_3, \mathbf{o}_4 \rangle := r$ enthält und \mathbf{o}_1 von \mathbf{o}_3 abgeleitet ist und \mathbf{o}_2 von \mathbf{o}_4 .

Wenn ein Objekt o_1 von einem Objekt o_2 abgeleitet ist, und o_3 von o_2 abhängt, sowie o_2 von o_4 , dann muß eine Interpretationsfunktion die folgenden Gleichungen erfüllen:

$$\mathcal{I}[\langle o_1, o_3 \rangle] = \mathcal{I}[\langle o_2, o_3 \rangle] \cap \mathcal{I}[o_1] \times \mathcal{I}[o_3] \quad (5.39)$$

$$\mathcal{I}[\langle o_4, o_1 \rangle] = \mathcal{I}[\langle o_4, o_2 \rangle] \cap \mathcal{I}[o_4] \times \mathcal{I}[o_1] \quad (5.40)$$

Nun kann definiert werden, wann eine Struktur eine Formel erfüllt:

$$\mathcal{M} \models o : s \text{ iff } \mathcal{I}[o] \subseteq \mathcal{I}[s] \quad (5.41)$$

$$\mathcal{M} \models q(s_1, s_2) \text{ iff } \langle \mathcal{I}[s_1], \mathcal{I}[s_2] \rangle \in \mathcal{I}[q] \quad (5.42)$$

$$\mathcal{M} \models \langle o_1, o_2 \rangle : r \text{ iff } \forall d \in \mathcal{I}[o_1] \mathcal{I}[o_2] \subseteq \mathcal{I}[r](d) \quad (5.43)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{M} \models \langle o_1, o_2 \rangle :: r \text{ iff } & \mathcal{I}[o_2] \subseteq \bigcup_{d \in \mathcal{I}[o_1]} \mathcal{I}[r](d) \wedge \\ & o_1 < o_2 \rightarrow \mathcal{I}[\langle o_1, o_2 \rangle] \subseteq \mathcal{I}[r] \end{aligned} \quad (5.44)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{M} \models \langle o_1, o_2 \rangle := r \text{ iff } & \mathcal{I}[o_2] = \bigcup_{d \in \mathcal{I}[o_1]} \mathcal{I}[r](d) \wedge \\ & \mathcal{I}[\langle o_1, o_2 \rangle] = \mathcal{I}[r] \cap \mathcal{I}[o_1] \times \mathcal{I}[o_2] \end{aligned} \quad (5.45)$$

Für Beispiel 159 ergibt sich dann die folgende Repräsentation der prädikativen Lesart:

$$(161) \{3(\text{Firma}, 4(\text{Toxische Substanz}, \text{produziert})), o_1 : \text{Firma}, 3(o_1, \text{Firma}), \\ o_1 : 4(\text{Toxische Substanz}, \text{produziert}), o_2 : \text{Toxische Substanz}, \\ \langle o_1, o_2 \rangle := \text{produziert and range}(\text{Toxische Substanz})\}$$

$$(a) \{\text{most}(o_2, \text{Brennbar}), o_3 \doteq o_2 \text{ and Brennbar}\}$$

$$(b) \{\langle o_1, o_2 \rangle :: \text{exportiert}\}$$

Um zu zeigen, daß diese Repräsentation auch tatsächlich den semantischen Gehalt der repräsentierten Sätze erfaßt, erläutere ich nun einige Konsequenzen, die sich aus der Repräsentation ergeben. Die Formel $3(\text{Firma}, 4(\text{Toxische Substanz}, \text{produziert}))$ drückt zunächst einmal aus, daß genau drei Firmen vier toxische Substanzen produzieren. Die Formeln $o_1 : \text{Firma}$ und $3(o_1, \text{Firma})$ bewirken, daß o_1 als eine drei-elementige Menge interpretiert wird, wobei jedes Element eine Firma ist. Aus $o_1 : 4(\text{Toxische Substanz}, \text{produziert})$ folgt, daß jede dieser Firmen vier toxische Substanzen produziert. Mit anderen Worten, o_1 enthält genau die drei Firmen, die genau vier toxische Substanzen produzieren. $\langle o_1, o_2 \rangle := \text{produziert and range}(\text{Toxische Substanz})$ legt fest, daß o_2 genau diejenigen toxischen Substanzen enthält, die von mindestens einer der Fabriken in o_1 produziert werden.

In der Fortsetzung 159a wird dann durch **most**(\mathbf{o}_2 , **Brennbar**) festgelegt, daß die meisten der in \mathbf{o}_2 enthaltenen toxischen Substanzen brennbar sind. Zusätzlich wird durch $\mathbf{o}_3 \doteq \mathbf{o}_2$ **and Brennbar** ein weiteres Objekt eingeführt, das genau die brennbaren Elemente von \mathbf{o}_2 enthält und auf das in nachfolgenden Sätzen anaphorisch Bezug genommen werden kann. Die Fortsetzung 159b greift dagegen die Beziehungen zwischen den Elementen in \mathbf{o}_1 und \mathbf{o}_2 wieder auf. Da \mathbf{o}_2 von \mathbf{o}_1 abhängt, folgt, daß jede Firma in \mathbf{o}_1 zumindest die toxischen Substanzen exportiert, die sie produziert.

Abschließend skizziere ich, welchen Oberflächenstrukturen welche logische Formen zugeordnet werden können, wobei ich jeweils von der prädikativen Lesart ausgehe.¹⁵

$$\mathbf{o}_1 \text{ ist/sind } c_2 \mapsto \mathbf{o}_1 : c_2 \quad (5.46)$$

$$q_1 s_1 \text{ ist/sind } c_2 \mapsto q_1(s_1, c_2) \quad (5.47)$$

$$\mathbf{o}_j \doteq s_1 \text{ and } c_2$$

$$\mathbf{o}_1 r \mathbf{o}_2 \mapsto \langle \mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2 \rangle :: r \quad (5.48)$$

$$\mathbf{o}_1 r q_2 s_2 \mapsto \mathbf{o}_1 : q_2(s_2, r) \quad (5.49)$$

$$\langle \mathbf{o}_1, \mathbf{o}_j \rangle := r \text{ and range}(s_2)$$

$$q_1 s_1 r \mathbf{o}_2 \mapsto \mathbf{o}_i : s_1 \quad (5.50)$$

$$q_1(\mathbf{o}_i, s_1)$$

$$\langle \mathbf{o}_i, \mathbf{o}_2 \rangle :: r$$

$$q_1 s_1 r q_2 s_2 \mapsto q_1(s_1, q_2(s_2, r)) \quad (5.51)$$

$$\mathbf{o}_i : s_1$$

$$q_1(\mathbf{o}_i, s_1)$$

$$\mathbf{o}_i : q_2(s_2, r)$$

$$\langle \mathbf{o}_i, \mathbf{o}_j \rangle := r \text{ and range}(s_2)$$

In diesen Regeln stehen \mathbf{o}_i für Pronomen und Eigennamen, q_i für Determinatoren, c_i für Nomen und Adjektive, s_i für Pronomen, Nomen und Adjektive und r für Verben.

Standardannahmen

Die Grundidee der Standardannahmen besteht darin, bestimmte Annahmen zu machen, wenn keine gegenteilige Information vorhanden ist. Übertragen

¹⁵Diese Skizze soll nur verdeutlichen, daß eine systematische Abbildung möglich ist. Aus meiner Argumentation in dieser Arbeit dürfte deutlich geworden sein, daß bei der Spezifikation realistischer Abbildungsregeln diverse Kontextfaktoren berücksichtigt werden müssen.

auf terminologische Logiken heißt dieses zunächst, daß Informationen aufgrund von Standardannahmen abgeleitet werden, wenn sie nicht den “strikten” Informationen der Terminologie oder der Weltbeschreibung widersprechen. Im Gegensatz zu den strikten Inferenzen, die bisher behandelt wurden, sind aus Standardannahmen resultierende Inferenzen nicht-monoton. Das heißt, daß Inferenzen die sich aus einer bestimmten Menge von Wissenseinheiten ergaben, nicht mehr gültig sein müssen, wenn diese Menge von Wissenseinheiten erweitert wird (Beispiel siehe unten). Die formalen Eigenschaften nicht-monotoner Inferenzen werden im Forschungsgebiet der nicht-monotonen Logiken untersucht. Das Hauptinteresse dieser Untersuchungen gilt der Frage, wie widersprüchliche Standardannahmen behandelt werden sollen. Im Kontext terminologischer Logiken, in denen zwischen strikter Information und Standardannahmen unterschieden werden kann, ergeben sich fünf Konfliktsituationen:

1. Es gibt keinen Widerspruch zwischen Standardannahme und strikter Information.
2. Die Standardannahme widerspricht strikter Information.
3. Standardannahmen ergeben zusammen mit dem strikten Wissen einen Widerspruch, lassen sich aber durch Rückgriff auf terminologisches Wissen in eine Spezifitätsordnung bringen.
4. Standardannahmen ergeben zusammen mit dem strikten Wissen einen Widerspruch, lassen sich aber durch Rückgriff auf andere Standardannahmen und terminologisches Wissen in eine Spezifitätsordnung bringen.
5. Standardannahmen ergeben zusammen mit dem strikten Wissen einen Widerspruch und lassen sich nicht in eine Spezifitätsordnung bringen.

Die folgenden Beispiele sollen diese unterschiedlichen Fälle verdeutlichen:

Grau	\sqsubseteq	anything
Weiß	\sqsubseteq	not(Grau)
Lebendig	\sqsubseteq	anything
Tot	\sqsubseteq	not(Lebendig)
Tier	\sqsubseteq	exactly(1,hat farbe)
Elefant	\sqsubseteq	Tier
Königselefant	\sqsubseteq	Elefant
Elefant	\rightsquigarrow	the(hat farbe,Grau)
Königselefant	\rightsquigarrow	the(hat farbe,Weiß)
Tier	\rightsquigarrow	Lebendig
the(hat farbe,Grau)	\rightsquigarrow	Tot

Situation 1 liegt vor, wenn ich von einem Objekt lediglich weiß, daß es ein Elefant ist. Der Standardannahme, daß dieses Objekt grau ist, wird dann von keiner strikten Information widersprochen. Wenn ich von einem Objekt weiß, daß es ein Elefant ist und weiß ist, liegt Situation 2 vor: die Standardannahme, daß das Objekt grau ist, widerspricht der strikten Information, daß es weiß ist. Situation 3 ergibt sich, falls wir von einem Objekt wissen, daß es ein Königselefant ist. Da jeder Königselefant auch ein Elefant ist, haben wir zwei widersprüchliche Standardannahmen, nach der einen ist er grau, nach der anderen weiß. Diese Standardannahmen können jedoch hinsichtlich ihrer Spezifität geordnet werden, da die linken Seiten der Regeln in einem Subsumptionsverhältnis stehen: **Königselefant** wird von **Elefant** subsumiert und ist daher spezieller. Anhand dieses Beispiels kann auch die Nicht-Monotonie illustriert werden, die sich aus Standardannahmen ergibt. Ist von einem Objekt lediglich bekannt, daß es ein Elefant ist, so wird als seine Farbe **Grau** angenommen. Wird nun zu diesem Objekt zusätzliche Information hinzugefügt, etwa daß es sich um einen Königselefanten handelt, wird diese frühere Inferenz ungültig und es ergibt sich als Farbe stattdessen **Weiß**.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, mit einem Widerspruch zwischen Standardannahmen umzugehen:

Leichtgläubigkeit: Der Widerspruch wird hingenommen, und somit wird das entsprechende Objekt selbst widersprüchlich (das heißt, es fällt unter jeden Begriff).

Totaler Skeptizismus: Keinerlei aus Standardannahmen resultierende Information wird abgeleitet.

Partieller Skeptizismus: Keine der widersprüchlichen Standardannahmen wird abgeleitet, aber andere, am Widerspruch nicht beteiligte Standardannahmen werden angewendet.

Pluralismus: Es werden verschiedene alternative Informationszustände parallel verwaltet, die jeweils in sich konsistent sind, zusammengenommen aber zu einem Widerspruch führen.

Resolution: Der Widerspruch wird dahingehend aufgelöst, daß eine der widersprüchlichen Standardannahmen verworfen wird, so daß die anderen verwendet werden können.

Hinsichtlich der verschiedenen erwähnten Konfliktsituationen können nun verschiedene Strategien gewählt werden, als Minimalanforderung ergibt sich jedoch, daß ein System in Situation 1 die Standardannahme anwenden muß

und daß in Situation 2 die strikte Information die Anwendung der Standardannahme blockiert. Dies ist schließlich die intuitive Motivation der Standardannahmen, während die Fälle 3–5 eher die Folgeprobleme darstellen, die sich aus der Verwendung von Standardannahmen ergeben können. Wünschenswert wäre es, in den Fällen 3 und 4 eine Resolution des Widerspruchs im Hinblick auf die Spezifität der Standardannahmen durchzuführen und in Fall 5 einen partiellen Skeptizismus anzubieten.

Eine erste Integration von Standardannahmen in BACK läßt sich durch die Modifikation eines IBox Algorithmus (vergleiche hierzu etwa [Owsnicki-Klewe 88] oder [Schild 89]) erreichen.¹⁶ Strikte Regeln der Form $c_1 \rightarrow c_2$ werden auf jedes Objekt o angewendet, für das $o : c_1$ gilt. Vor der Anwendung einer Standardannahme $c_1 \rightsquigarrow c_2$ wird dagegen überprüft, ob $o : c_2$ zu einem Widerspruch mit striktem Wissen führt. Mit einem solchen Algorithmus werden die Fälle 1 und 2 korrekt behandelt während sich in den anderen Situationen ein Widerspruch ergibt. Da strikte Information und aufgrund von Standardannahmen abgeleitete Information getrennt verwaltet wird, ist es aber möglich, im Falle widersprüchlicher Objekte einen totalen Skeptizismus zu wählen, so daß für diese Objekte lediglich strikte Information ausgewertet wird. Eine erste Implementierung dieser *schwachen Standardannahmen* wurde in μ BACK integriert. Um auch Inkonsistenzen der Stufe 3 und 4 zu behandeln, können Shohams Vorschläge zu präferierten Modellen¹⁷ auf präferierte Extensionsfunktionen übertragen werden. Als Präferenzkriterium bietet sich dabei die durch striktes Wissen vorgegebene terminologische Hierarchie an.

Gültigkeitsoperatoren

Aufgrund der in Abschnitt 5.1 vorgestellten Semantik werden Fakten durch eine Terminologie und eine Weltbeschreibung in zwei Klassen geteilt: auf der einen Seite die Menge der Fakten, die aus Terminologie und Weltbeschreibung folgen, auf der anderen Seite diejenigen, die nicht aus ihnen folgen. Das bedeutet anders ausgedrückt, daß für ein beliebiges Objekt und ein beliebiges Konzept entweder gilt, daß das Objekt das Konzept instantiiert, oder daß es es nicht instantiiert.

Daß diese sehr grobe Einteilung in zwei Zustände verfeinert werden kann, zeigt das folgende Beispiel. Angenommen das einzige Fakt in der ABox sei $\langle o_1, o_2 \rangle : r$. Aus diesem Fakt folgt, daß $o_1 : \mathbf{atleast}(1, r)$ wahr ist und daß $o_1 : \mathbf{atmost}(0, r)$ falsch ist. Aber was ist mit $o_1 : \mathbf{atmost}(1, r)$? Es scheint weder wahr noch falsch zu sein. Dies hängt damit zusammen, daß Informa-

¹⁶Zum Thema Standardannahmen und terminologische Logiken siehe auch [Quantz et al. 91].

¹⁷Vergleiche hierzu [Shoham 88].

tion in terminologischen Logiken generell als unvollständig angesehen wird.¹⁸ Aus der Tatsache, daß lediglich ein Rollenfüller in der Weltbeschreibung angegeben ist, wird also nicht gefolgert, daß es nur einen Rollenfüller gibt. Dies führt dazu, daß von den nachfolgend aufgeführten vier Fakten drei gleichwertig behandelt werden, obgleich Unterschiede zwischen ihnen festgestellt werden können.

$$\begin{aligned}
\langle o_1, o_2 \rangle : r_1 & \\
& \models o_1 : \mathbf{atleast}(1, r) \\
& \not\models o_1 : \mathbf{atmost}(0, r) \text{ (unmöglich)} \\
& \not\models o_1 : \mathbf{atmost}(1, r) \text{ (folgt aus cwa)} \\
& \not\models o_1 : \mathbf{atmost}(2, r) \text{ (möglich, folgt nicht aus cwa)}
\end{aligned}$$

Um diese Unterschiede semantisch zu erfassen, sind zwei Erweiterungen der Semantik nötig, von denen die eine trivial und die andere komplex ist. Ziel dieser Erweiterungen ist es, verschiedene Folgerungsbeziehungen zwischen Formeln zuzulassen, so daß zwischen gültigen, möglichen und wahrscheinlichen Fakten unterschieden werden kann. Dabei kann die Unterscheidung zwischen gültigen und möglichen Fakten sehr einfach semantisch charakterisiert werden, während wahrscheinliche Fakten nur unter Rückgriff auf *completion semantics* definiert werden können.

Die verschiedenen Gültigkeitsgrade lassen sich anhand des obigen Beispiels illustrieren:

$$\begin{aligned}
\langle o_1, o_2 \rangle : Ra & \\
& \models^k o_1 : \mathbf{atleast}(1, r) \\
& \not\models^p o_1 : \mathbf{atmost}(0, r) \\
& \not\models^k o_1 : \mathbf{atmost}(1, r) \\
& \models^p o_1 : \mathbf{atmost}(1, r) \\
& \models^w o_1 : \mathbf{atmost}(1, r) \\
& \not\models^w o_1 : \mathbf{atmost}(2, r) \\
& \models^p o_1 : \mathbf{atmost}(2, r)
\end{aligned}$$

Eine formale Definition des **k** und des **p** Operators hat dann folgende Gestalt:

Definition 5.3.3 *Eine Formel ϕ folgt aus einer Formelmenge Δ , geschrieben $\Delta \models^k \phi$, gdw jede Struktur, die ein Modell für Δ ist, auch ein Modell für ϕ ist. Eine Formel ϕ ist **möglich** bezüglich einer Formelmenge, geschrieben $\Delta \models^p \phi$, gdw es ein Modell für Δ gibt, das auch ein Modell für ϕ ist.*

¹⁸Man nennt dies im allgemeinen *open world assumption* im Gegensatz zur *closed world assumption*.

Um auch den dritten Gültigkeitsoperator in die Semantik zu integrieren müßte die *closed world assumption* semantisch spezifiziert werden. Dies kann durch die Angabe einer *completion semantics* erfolgen. Während im obigen Beispiel lediglich die in der Weltbeschreibung gegebene Information als vollständig interpretiert wurde, kann auch die terminologische Information als vollständig behandelt werden:

$$\begin{array}{ll} c_1 & \sqsubseteq \text{ anything} \\ c_2 & \doteq c_1 \text{ and atleast}(1, r_1) \\ c_3 & \doteq c_1 \text{ and atleast}(1, r_2) \\ o : \text{ atleast}(1, r_1) & \end{array}$$

Nach der herkömmlichen Semantik kann aus dem einzigen Fakt der Weltbeschreibung nicht abgeleitet werden, daß *o* eine Instanz von *c*₁, *c*₂ oder *c*₃ ist. Nach unserer erweiterten Semantik würde sich ergeben, daß alle drei Fälle *möglich* sind. Unter der Annahme einer *TBox completion* ließe sich ableiten, daß *o* : *c*₂ *wahrscheinlich* ist, da *c*₂ dasjenige Konzept der TBox ist, das die über *o* bekannte Information *atleast*(1, *r*₁) beinhaltet.¹⁹

Eine Integration der drei in diesem Abschnitt skizzierten Gültigkeitsoperatoren in das bestehende BACK System kann in zwei Stufen erfolgen. Der Operator *k* erfordert keine Modifikationen, da er genau für die Fakten gilt, die auch in BACK v4 bereits abgeleitet werden. Der Operator *p* läßt sich relativ leicht integrieren, da nur überprüft werden muß, ob ein Fakt im Widerspruch zur Terminologie oder zur Weltbeschreibung steht. Da er außerdem die Grundlage für die Integration von Standardannahmen bildet und eine prototypische Implementierung in μ BACK bereits realisiert wurde, ist seine Integration für BACK v5 geplant. Während für *k* allerdings ein Eingabezeit-Algorithmus gewählt wurde, wird *p* von einem Anfragezeit-Algorithmus berechnet.²⁰ Bevor eine Integration von *w* erfolgen kann, muß zunächst einmal eine *completion semantics* für terminologische Logiken spezifiziert werden.²¹

Ontologische Differenzierung

Bei der Anaphernklassifikation in Kapitel 3 wurden verschiedene ontologische Kategorien unterschieden, aus denen der Anaphernreferent stammen kann. Es wurde auch erwähnt, daß die klassische Prädikatenlogik 1. Stufe lediglich zwischen Prädikaten und Individuen unterscheidet, nicht aber zwischen

¹⁹Diese Art der Schlußfolgerung erinnert an abduktives Schließen und kann auch für Konfigurationsprobleme verwendet werden (vgl. etwa [Klein 91]).

²⁰Dies ist schon deswegen sinnvoll, weil *p* im Gegensatz zu *k* nicht-monoton ist.

²¹Dies ist Gegenstand der Untersuchungen über nicht-monotone Erweiterungen von BACK, die im Rahmen des ESPRIT Projektes P5210 an der Technischen Universität Berlin und von Onera-Cert (Toulouse) durchgeführt werden.

Individuen verschiedener Kategorien. Zwar können terminologische Logiken als Sortenlogiken aufgefaßt werden, so daß Individuen unterschiedlichen Sorten zugeordnet werden können (genau diese Zuordnung wird in der ABox vorgenommen). Eine wirkliche ontologische Differenzierung liegt meines Erachtens aber nicht vor, da alle “epistemologischen Primitive” auf alle Sorten anwendbar sind und da alle Konzepte als Teilmengen eines nicht weiter strukturierten Gegenstandsbereiches interpretiert werden. Eine ontologische Differenzierung, die diesen Namen verdient, müßte stattdessen Konzepte aus unterschiedlichen Kategorien in unterschiedliche Gegenstandsbereiche abbilden, spezielle epistemologische Primitive für die einzelnen Kategorien zur Verfügung stellen und den Zusammenhang zwischen Objekten aus verschiedenen Kategorien erfassen.

Als Beispiel für eine solche ontologische Erweiterung können die Arbeiten zur Integration zeitlicher Strukturen in terminologische Logiken gelten (vergleiche hierzu [Schmiedel 90], [Schild 91] und [Fischer 92]). Die Möglichkeit, zeitabhängige Konzepte in BACK zu modellieren, kann auch als erster Schritt hin zu einer adäquaten Repräsentation von Ereignissen gewertet werden. Eine solche Erweiterung kann Überlegungen über *Ereignistypen* in der Situationssemantik [Barwise, Perry 83, Kap. 4], sowie die in [Lombard 86] detailliert vorgestellte Sicht von Ereignissen als Änderungen in Gegenständen als Ausgangspunkt nehmen.

Integration der Repräsentationsebenen

In dieser Arbeit wurde ein Szenario der maschinellen Sprachverarbeitung zugrundegelegt, in dem verschiedenen Komponenten unterschiedliche Teilaufgaben zugeordnet werden. Innerhalb von BACK sollte dabei lediglich eine Repräsentation der Diskursreferenten erfolgen, ohne die syntaktische Struktur der repräsentierten Sätze zu berücksichtigen. Langfristig ist es natürlich wünschenswert, die verschiedenen Informationsebenen (z.B. Syntax, Semantik, Pragmatik) in einem einzigen Formalismus zu repräsentieren.

Eine naheliegende Erweiterung und ein erster Schritt hin zu einer tieferen Integration der einzelnen Informationsebenen besteht darin, den sprachlichen, den konzeptuellen und den referentiellen Aspekt referierender Ausdrücke gemeinsam zu repräsentieren. Eine solche Repräsentation könnte etwa die folgende Gestalt haben:

sprachlicher Aspekt	\sqsubseteq	<code>range(Lexemkomplex)</code>
konzeptueller Aspekt	\sqsubseteq	<code>range(concept)</code>
referierender Ausdruck	\sqsubseteq	<code>exactly(1,sprachlicher Aspekt) and exactly(1,konzeptueller Aspekt) and exactly(1,referentieller Aspekt) and</code>

Das Besondere an dieser Repräsentation ist, daß die Rollenfüller der Rolle *konzeptueller Aspekt* keine Diskursreferenten, also ABox-Objekte, sondern Begriffe, also TBox-Terme sind. Es sind daher die folgenden Erweiterungen der Syntax notwendig:

$$\begin{aligned} \langle \textit{role-term} \rangle & ::= \mathbf{range}(\mathbf{concept}) \\ & \quad | \mathbf{domain}(\langle \textit{concept} \rangle) \mathbf{and} \mathbf{range}(\mathbf{concept}) \\ \langle \textit{formula} \rangle & ::= \langle \langle \textit{object-NAME} \rangle, \langle \textit{concept} \rangle \rangle : \langle \textit{role} \rangle \end{aligned}$$

Für die Semantik ergibt sich die Veränderung, daß Extensionsfunktionen jetzt Rollen in Teilmengen der Vereinigung von $D \times D$ und $D \times \mathcal{P}(D)$ abbilden, wobei $\mathcal{P}(D)$ die Potenzmenge von D ist. Es ergeben sich dann die folgenden Modifikationen beziehungsweise Erweiterungen der Anforderungen an Extensionsfunktionen:

$$\mathcal{I}[\mathbf{concept}] = \mathcal{P}(D) \quad (5.52)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{anyrole}] = (D \times D) \cup (D \times \mathcal{P}(D)) \quad (5.53)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{domain}(c)] = \mathcal{I}[c] \times D \cup (\mathcal{I}[c] \times \mathcal{P}(D)) \quad (5.54)$$

$$\mathcal{I}[\mathbf{range}(c)] = D \times \mathcal{I}[c] \quad (5.55)$$

Die obige Modellierung eines referierenden Ausdrucks berücksichtigt bisher noch nicht die Abhängigkeiten, die zwischen den einzelnen Ebenen bestehen. Zum einen ist der konzeptuelle Aspekt abhängig vom sprachlichen Aspekt, da als Rollenfüller nur Konzepte eingetragen werden können, die Bedeutungen des im Ausdruck verwendeten Lexemkomplex sind.²² Darüberhinaus ist der referentielle Aspekt vom konzeptuellen Aspekt abhängig, da der Referent ein Element der Bedeutung sein muß. Beide Abhängigkeiten lassen sich mithilfe von Rollenfüllerbeziehungen modellieren:

$$\begin{aligned} \text{Ref. Ausdruck} \sqsubseteq & \mathbf{exactly}(1, \text{sprach. Asp.}) \mathbf{and} \\ & \mathbf{exactly}(1, \text{konzept. Asp.}) \mathbf{and} \\ & \mathbf{exactly}(1, \text{ref. Asp.}) \mathbf{and} \\ & \mathbf{element}(\text{ref. Asp.}, \text{konzept. Asp.}) \mathbf{and} \\ & \mathbf{subset}(\text{konzept. Asp.}, \text{sprach. Asp. comp bedeutet}) \end{aligned}$$

In dieser Modellierung wurde die bisher noch nicht definierte Rollenfüllerbeziehung $\mathbf{element}(r_1, r_2)$ verwendet. Mit ihre können die Rollenfüller normaler Rollen zu Rollenfüllern von Konzeptrollen in Beziehung

²²Um die Polysemie natürlichsprachlicher Lexeme zu berücksichtigen, können einem Lexem unterschiedliche Konzepte als Bedeutungen zugeordnet werden, wobei Standardannahmen verwendet werden können, um die gebräuchlichsten Lesarten auszuzeichnen.

gesetzt werden. Die Bedeutung von **element**(k,a)nn wie folgt definiert werden:

$$\mathcal{I}[\mathbf{element}(r_1, r_2)] = \{d \in D : \mathcal{I}[r_1](d) \in \mathcal{I}[r_2](d)\} \quad (5.56)$$

Die wichtigste Inferenz einer solchen Modellierung ist im folgenden Beispiel verdeutlicht:

$$\begin{array}{l} \langle o_1, c \rangle : r_1 \\ \langle o_1, o_2 \rangle : r_2 \\ o_1 : \mathbf{element}(r_2, r_1) \\ \models o_2 : c \end{array}$$

5.4 Resolutionsunterstützung

Der letzte Abschnitt dieses Kapitels soll anhand von Anwendungsbeispielen illustrieren, welche Vorteile sich ergeben, wenn anaphorische Bezüge mit einem terminologischen Repräsentationssystem repräsentiert werden. Ich versuche dabei im wesentlichen zu zeigen, daß und wie die vom System abgeleiteten Inferenzen bei der Anaphernresolution verwendet werden können. Um Mißverständnissen vorzubeugen, möchte ich noch kurz auf den Stellenwert dieses Abschnittes hinweisen. Es soll *kein* Resolutionsalgorithmus vorgestellt werden, es soll auch nicht bewiesen werden, daß terminologische Logiken *der* adäquate Repräsentationsformalismus für anaphorische Bezüge sind. Es geht hier lediglich darum zu zeigen, daß zur Anaphernresolution auf bestimmte Information zurückgegriffen werden muß und daß terminologische Repräsentationssysteme die Modellierung und die Verarbeitung dieser Information ermöglichen. Ich werde daher im folgenden konstruierte Beispieltex te verwenden, die die unterschiedlichen Aspekte der Resolutionsunterstützung illustrieren sollen. Da es sich bei diesen Beispieltex ten um isolierte Einzelbeispiele handelt, haftet den vorgeschlagenen Modellierungen zur Resolutionsunterstützung notwendig ein Ad-hoc-Charakter an. Daß diese Einschätzung unberechtigt ist, kann nur durch eine umfassendere Anwendungsstudie demonstriert werden, die den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würde. Erste Erfahrungen mit einem komplexen Textkorpus werden aber gegenwärtig im Projekt FAST gesammelt, wo Textinhalte in BACK V4 repräsentiert werden, um die Resolution pronominaler Identitätsanaphern zu unterstützen [Schmitz et al. 91].

Die Anaphernresolution soll das Antezedens der Anapher und den vorliegenden Anapherntyp bestimmen. Werden lediglich Identitätsanaphern betrachtet, so reduziert sich die Aufgabe auf die Bestimmung des Antezedens, wobei nach [Hauenschild, Pause 83, S. 109] für pronominale Identitätsanaphern die folgenden Faktoren verwendet werden können:

- Morphologie (Kongruenzrestriktionen)
- Syntax (C-Kommando)
- Informationsstruktur (Fokuskonzepte)
- Semantische Rollen
- Selektionsrestriktionen
- Textinhalt
- Enzyklopädisches Wissen

Ein Resolutionsalgorithmus testet dann eine Menge von Antezedenskandidaten und bestimmt aufgrund der angeführten Faktoren das Antezedens. Dabei gibt es im wesentlichen zwei Möglichkeiten: zum einen kann ein *Filterverfahren* gewählt werden, bei dem für jeden Faktor unzulässige Kandidaten ausgefiltert werden. Ein solches Vorgehen setzt aber voraus, daß die jeweiligen Kriterien zwei-wertig und strikt sind. Demgegenüber trägt ein *Kumulationsverfahren*, bei dem für alle Antezedenskandidaten Werte für jeden Faktor ermittelt und kombiniert werden, dem heuristischen Charakter der verwendeten Kriterien Rechnung.²³

Die angeführten Resolutionsfaktoren werden in [Schmitz et al. 91] unterteilt in solche, die sich auf die *strukturelle Prominenz* von Antezedenskandidaten beziehen, und solche, die die *inhaltliche Konsistenz* einer Interpretation betreffen. Ausgehend von dieser Unterscheidung wird dann für eine doppelte Textrepräsentation argumentiert, bei der die *Textstruktur-Repräsentation* die strukturellen Aspekte des Textes berücksichtigt, während die *Textinhalts-Repräsentation* die inhaltlichen Aspekte erfaßt. Im folgenden wird es lediglich um die Textinhalts-Repräsentation und deren Bezug zu terminologischen Logiken gehen.

Semantische Rollen und Selektionsrestriktionen

Ausgehend von Fillmores Arbeiten über Tiefenkasus (z.B. [Fillmore 68]) wurde in der Sprachverarbeitung das Konzept der *semantischen Rollen* entwickelt, die festlegen, welche semantische Funktion bestimmten Konstituenten zugeordnet wird.²⁴ So können etwa dem Verb **trinken** zwei semantische Rollen zugeordnet werden, der **agens** und der **affected**. Mithilfe von

²³Selbst die Kongruenz ist kein notwendiges Kriterium, da anstelle des grammatischen Geschlechts des Antezedens (z.B. **das Mädchen**) das natürliche Geschlecht des Diskursreferenten das Genus der Anapher (z.B. **sie**) bestimmen kann.

²⁴Während semantische Rollen zunächst nur für Verben spezifiziert wurden, zeigte sich später, daß auch Nomen semantische Rollen zugeordnet werden können.

Selektionsrestriktionen kann dann ausgedrückt werden, daß nur bestimmte Diskursreferenten diese Rollen übernehmen können. In BACK kann dies folgendermaßen modelliert werden:

$$\text{Trink Ereignis} \sqsubseteq \text{the(agens,Lebewesen) and} \\ \text{the(affected,Flüssigkeit)}$$

Betrachten wir hierzu den folgenden Beispieltext:

(162) Der Kellner brachte einen Schnaps. Hans trank ihn begierig.

Als Antezedens für ihn kommen zumindest **der Kellner** und **ein Schnaps** in Frage. Nehmen wir an, wir haben die folgende Terminologie und Regelmenge:

$$\begin{array}{ll} \text{Säugetier} & \sqsubseteq \text{Anything} \\ \text{Mensch} & \sqsubseteq \text{Säugetier} \\ \text{Kellner} & \sqsubseteq \text{Mensch} \\ \text{Flüssigkeit} & \sqsubseteq \text{Anything} \\ \text{Getränk} & \sqsubseteq \text{Flüssigkeit} \\ \text{Schnaps} & \sqsubseteq \text{Getränk} \\ \text{Säugetier} & \rightarrow \text{not(Flüssigkeit)} \end{array}$$

Die Diskursreferenten der Antezedenskandidaten seien o_1 und o_2 , wobei für den ersten Satz unter anderem die Information o_1 : **Kellner** und o_2 : **Schnaps** repräsentiert wurde. Es kann nun in BACK getestet werden, ob beide Diskursreferenten als Rollenfüller der Rolle **affected** an einem Trinkereignis o_3 eingetragen werden können, wobei sich folgende Situation ergibt:

$$\begin{array}{l} \not\models^P \langle o_3, o_1 \rangle : \text{affected} \\ \models^P \langle o_3, o_2 \rangle : \text{affected} \end{array}$$

In diesem Fall kann also **der Kellner** als Antezedens zurückgewiesen werden, da der Diskursreferent von **der Kellner** keine Flüssigkeiten ist, der Diskursreferent von ihn aber eine Flüssigkeit sein muß. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß beide Informationen nicht direkt eingegeben werden müssen, sondern vom System bei der Objektklassifikation aus der modellierten Terminologie abgeleitet werden.

Im Zusammenhang mit Selektionsrestriktionen ergibt sich das Problem, daß die Anaphernresolution umso stärker unterstützt wird, je strenger die Restriktionen formuliert sind. Andererseits gibt es aber abweichende Lesarten (im Extremfall metaphorische Verwendungen), in denen diese strikten Restriktionen nicht eingehalten werden. Dieses Problem kann durch die Modellierung der Selektionsrestriktionen als Standardannahmen gelöst werden.

Textinhalt und enzyklopädisches Wissen

Bei vielen Pronominalanaphern kann wegen der sehr allgemeinen Bedeutungskomponente der Pronomen zur Resolution nur auf Selektionsrestriktionen zurückgegriffen werden. Wird dagegen ein komplexer Ausdruck als Anapher verwendet, so kann die Bedeutungskomponente dieses Ausdrucks selbst zur Resolution beitragen.²⁵ Im folgenden Beispiel kommen etwa **Hans** (o_1) und **ein Roman** (o_2) als Antezedenten für **das Buch** in Frage:

(163) Hans las einen Roman. Das Buch . . .

Für die Resolution kann nun beim Vorliegen einer entsprechenden Terminologie abgeleitet werden, daß o_2 ein Buch ist:

Buch	⊆	anything
Roman	⊆	Buch
$\neq^k o_1$:	Buch
$\neq^k o_2$:	Buch

Während in diesem Beispiel auf sprachliches Wissen zurückgegriffen wurde, zeigt das folgende Beispiel, wie enzyklopädisches Wissen die Resolution beeinflusst:

(164) Genscher und Baker trafen gestern in Washington zusammen. Der Amerikaner . . .

Wenn Hintergrundwissen über die Diskursreferenten von **Genscher** und **Baker** in der ABox eingetragen wurde, so kann dies dazu verwendet werden, um abzuleiten, daß Baker ein Amerikaner ist, Genscher aber nicht.

Andere Anapherntypen

Im Unterschied zu Identitätsanaphern wird bei Kontiguitätsanaphern nicht der Diskursreferent gesucht, auf den die Anapher referiert, sondern der Diskursreferent, zu dem der Anaphernreferent in einer bestimmten Beziehung steht. Welche Beziehungen überhaupt in Frage kommen, hängt dabei von der ontologischen Kategorie des Anaphernreferenten ab.

(165) Das Auto ist in der Werkstatt. Der Anlasser ist kaputt.

Als Antezedensandidaten kommen hier zumindest **das Auto** und **die Werkstatt** in Frage, für die folgende Modellierung vorausgesetzt wird:

²⁵Dies gilt natürlich auch für Pro-Formen mit spezifischer Bedeutungskomponente wie dort.

Ding	\sqsubseteq	anything
Werkstatt	\sqsubseteq	Ding
Auto	\sqsubseteq	Ding
Anlasser	\sqsubseteq	Ding
hat teil	\sqsubseteq	domain(Ding) and range(Ding)
hat anlasser	\doteq	hat teil and domain(Auto) and range(Anlasser)
Auto	\rightarrow	exactly(1,Anlasser)

Ausgehend von dieser Terminologie kann dann gefragt werden, ob es wahrscheinlich ist, daß der Referent von **der Anlasser** (o_3) in einer Beziehung zu den Diskursreferenten von **das Auto** (o_1) oder von **die Werkstatt** (o_2) steht. Da o_3 ein Ding ist, bietet sich als Beziehung die Teil/Ganzes-Beziehung an. Es ergeben sich die folgenden Antworten:²⁶

$$\models^w \langle o_1, o_3 \rangle : \text{hat teil}$$

$$\not\models^w \langle o_2, o_3 \rangle : \text{hat teil}$$

Für die Resolution von Substitutions- und Bindungsanaphern sind in erster Linie strukturelle Faktoren relevant. So stehen in Substitutionsanaphern Anapher und Antezedens zumeist in einer bestimmten Beziehung, die aus der syntaktischen Struktur des Satzes abgeleitet werden kann (z.B. Parallele Konstituenten in Koordinationen oder Argumente von Komparativen oder bestimmten Verben wie **ersetzen** oder **vorziehen**). Auch die Beispielsätze, in denen ein Pronomen als Substitutionsanapher verwendet wird (vgl. Satz 24), lassen sich syntaktisch daran erkennen, daß als Antezedens ein komplexer Ausdruck mit einem Possessivpronomen verwendet wird. Gefangene Bindungsanaphern unterliegen Bindungsprinzipien (C-Kommando) und können daher strukturell aufgelöst werden. Und auch bei freien Bindungsanaphern kann das Antezedens meines Erachtens aufgrund struktureller Faktoren und ohne Rückgriff auf inhaltliche Faktoren bestimmt werden.

²⁶Dies ist natürlich insofern spekulativ, als bisher noch keine formale Semantik für den *w*-Operator spezifiziert wurde. In diesem Sinne reflektieren die angeführten Inferenzen lediglich die Intuition, die die formale Semantik erfassen muß.

Kapitel 6

Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der semantisch orientierten Forschung in der Sprachverarbeitung ist die semantische Algorithmisierung natürlicher Sprachen. Darunter verstehe ich die Entwicklung von Algorithmen, die entscheiden, ob ein natürlichsprachlicher Text einen anderen natürlichsprachlichen Text paraphrasiert. Da natürlichsprachliche Texte strukturelle, konzeptuelle und referentielle Mehrdeutigkeiten enthalten können, ist eine direkte Anwendung der im Bereich der formalen Logik entwickelten semantischen Algorithmen nicht möglich. Stattdessen ist ein zweistufiges Vorgehen sinnvoll, bei dem in der Phase der Desambiguierung die mehrdeutigen Ausdrücke zunächst in strukturell, konzeptuell und referentiell eindeutige Formeln eines semantischen Repräsentationsformalismus übersetzt werden. Auf diese logischen Formen können dann semantische Algorithmen angewendet werden, die denen der formalen Logik entsprechen. Damit ergeben sich zwei Forschungsbereiche der semantisch orientierten Sprachverarbeitung: die Bestimmung, Formalisierung und Algorithmisierung derjenigen Kontextfaktoren, auf die bei der Desambiguierung zurückgegriffen werden kann, sowie die Entwicklung geeigneter Repräsentationsformalisten. Diese Formalisten können hinsichtlich ihrer semantischen und strukturellen Adäquatheit, sowie hinsichtlich ihrer semantischen Algorithmisierbarkeit beurteilt werden.

Charakteristisch für anaphorische Bezüge ist ihre Beziehung zur referentiellen Desambiguierung: ein Ausdruck, die Anapher, bezieht sich anaphorisch auf einen anderen Ausdruck, das Antezedens, wenn bei der referentiellen Desambiguierung der Anapher auf den Referenten oder die Bedeutung des Antezedens zurückgegriffen werden muß. Dabei können vier Haupttypen anaphorischer Bezüge unterschieden werden. Während in *Identitätsanaphern* Antezedens und Anapher denselben Referenten haben, haben sie in *Substitutionsanaphern* verschiedene Referenten, die jedoch vom gleichen Typ sind.

Bei *Kontiguitätsanaphern* stehen die beiden Referenten in einer bestimmten Beziehung zueinander, und bei *Bindungsanaphern* ist das Antezedens ein quantifizierender oder ein gebundener Ausdruck. Neben dieser grundlegenden Einteilung anaphorischer Bezüge können noch weitere Kriterien zur Anaphernklassifikation verwendet werden. Anaphern können lexikalisch als Pro-Formen, als Null-Elemente oder als komplexe Ausdrücke realisiert sein. Referieren können Anaphern unter anderem auf Dinge, Ereignisse, Eigenschaften, Orte, Zeiten und Sachverhalte. Als syntaktische Kategorien der Anapher und des Antezedens sind Nominal-, Verbal-, Präpositionalphrasen, sowie Adjektive und Sätze möglich.

In der logisch-linguistischen Semantikforschung zu anaphorischen Bezügen stehen die Bindungsanaphern im Mittelpunkt. Als besonderes Problem erweisen sich dabei die freien Bindungsanaphern, bei denen die Anapher außerhalb des Skopus des Antezedens steht und deren prominentestes Beispiel die sogenannten Eselsätze sind. Dabei wird zumeist diskutiert, ob indefinite Ausdrücke als referierende oder quantifizierende Ausdrücke interpretiert werden sollen; ob beliebige quantifizierende Ausdrücke als Antezedens in freien Bindungsanaphern auftreten können; ob freie Bindungsanaphern mit einem Bindungs-, einem Substitutions- oder einem Referenzansatz repräsentiert werden sollen; und ob bestimmte freie Bindungsanaphern universal, definit oder indefinit interpretiert werden sollen. Während die meisten Ansätze versuchen, generelle Antworten auf diese Fragen zu geben, spricht vieles dafür, daß nur im jeweiligen Kontext entschieden werden kann, welche Alternative für den jeweils vorliegenden anaphorischen Bezug zutrifft. Eine weitere Schwäche der vorgestellten Formalismen besteht darin, daß sie sich nur schwer semantisch algorithmisieren lassen und die Anaphernresolution kaum unterstützen können. Für die Sprachverarbeitung ist daher zur semantischen Repräsentation ein Formalismus vorzuziehen, für den bereits semantische Algorithmen implementiert wurden.

Terminologische Logiken vereinigen in sich die Vorteile von Repräsentationsformalismen aus der logisch-linguistischen und der KI-Semantik. Einerseits sind sie formale Kalküle, deren Eigenschaften sich mit Methoden der formalen Logik untersuchen lassen, andererseits gibt es bereits implementierte Systeme wie BACK, die zur semantischen Repräsentation natürlicher Sprachen verwendet werden können. Den einzelnen Komponenten von BACK kommen dabei unterschiedliche Aufgaben zu. Mit der terminologischen Komponente wird ein Konzeptlexikon modelliert, in dem die Bedeutungen der natürlichsprachlichen Lexeme und ihre Beziehungen zueinander repräsentiert werden. Insbesondere semantische Rollen und Selektionsrestriktionen, die bei der Resolution anaphorischer Bezüge eine wichtige Rolle spielen, lassen sich in der terminologischen Sprache von BACK angemessen repräsentieren. Das für die Anaphernresolution ebenfalls wichtige enzyklopädische Wissen

kann mithilfe von Regeln und in der assertionalen Komponente modelliert werden. Der Textinhalt selber wird dann in der assertionalen Komponente von BACK repräsentiert, wobei mit dem gegenwärtigen Sprachumfang Identitäts-, Substitutions- und Kontiguitätsanaphern, nicht aber Bindungsanaphern repräsentiert werden können. Es zeigt sich aber, daß generalisierte Quantoren in BACK integriert werden können und daß diese Integration eine adäquate Repräsentation der Bindungsanaphern, insbesondere der freien, ermöglicht. Neben dieser repräsentationsorientierten Erweiterung kann durch die Integration von Standardannahmen und Gültigkeitsoperatoren der Resolutionsprozeß noch wirksamer unterstützt werden.

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, daß terminologische Logiken zur semantischen Repräsentation anaphorischer Bezüge geeignet sind, da sie strukturell adäquat und semantisch korrekt und algorithmisierbar sind. Von semantischer Vollständigkeit sind terminologische Logiken allerdings noch weit entfernt. Die Überlegungen zur ontologischen Kategorisierung haben meines Erachtens deutlich gemacht, daß auf dem Gebiet der ontologischen Differenzierung des Referenzbereichs natürlicher Sprachen erheblicher Forschungsbedarf besteht. Die gegenwärtige Integration temporaler Operatoren in BACK kann dabei als ein erster Schritt hin zu einer ontologischen Differenzierung in terminologischen Logiken angesehen werden. Ausgehend von dieser Erweiterung kann dann in einem nächsten Schritt die Repräsentation von Ereignissen diskutiert werden.

Ich habe in dieser Arbeit versucht, mich auf die semantische Repräsentation anaphorischer Bezüge zu beschränken, und daher in erster Linie Fragen der referentiellen Repräsentation diskutiert. Diese Überlegungen müssen nun in allgemeine Überlegungen zur Desambiguierung und zur Repräsentation eingebunden werden. Von besonderem Interesse ist hierbei sicherlich das Zusammenspiel zwischen struktureller, konzeptueller und referentieller Desambiguierung. Es muß daher untersucht werden, inwieweit konzeptuelle und strukturelle Repräsentation in terminologischen Logiken geeignet sind, die jeweiligen Desambiguierungsprozesse angemessen zu unterstützen.

Literatur

- [Arnauld 1685^D] A. Arnauld, *Die Logik oder Die Kunst des Denkens*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1972
- [Baader et al. 90] F. Baader, H-J. Bürckert, B. Hollunder, W. Nutt, J.H. Siekmann, "Concept Logics", in [Lloyd 90], 177–201
- [Bach, Harms 68] E. Bach, R.T. Harms (eds), *Universals in Linguistic Theory*, London: HOlt, Rinehart and Winston, 1968
- [Barwise 87] J. Barwise, "Noun Phrases, Generalized Quantifiers and Anaphora" in [Gärdenfors 87], 1–29
- [Barwise, Cooper 81] J. Barwise, R. Cooper, "Generalized Quantifiers and Natural Language", *Linguistics and Philosophy* 4, 159–219, 1981
- [Barwise, Perry 83] J. Barwise, J. Perry, *Situations and Attitudes*, Cambridge (Mass.): MIT Press, 1983
- [Bäuerle 88] R. Bäuerle, *Ereignisse und Repräsentationen*, IBM Stuttgart: LILOG Report 43, 1988
- [Bäuerle et al. 79] R. Bäuerle, U. Egli, A. v. Stechow (eds), *Semantics from Different Points of View*, Berlin: Springer, 1979
- [Bierwisch 83] M. Bierwisch, "Semantische und konzeptuelle Repräsentation lexikalischer Einheiten", *Studia Grammatica* XII, 61–99 1983
- [Bäuerle et al. 83] R. Bäuerle, C. Schwarze, A. v. Stechow (eds), *Meaning, Use and Interpretation of Language*, Berlin: de Gruyter, 1983
- [Blanche-Benveniste et al. 84] C. Blanche-Benveniste, J. Deulofeu, J. Stéfani, K. Van den Eynde, *Pronom et Syntaxe*, Paris: Aelia, 1984
- [Bläsius et al. 90] K.H. Bläsius, U. Hedtstück, C.-R. Rollinger (eds), *Sorts and Types in Artificial Intelligence*, Berlin: Springer, 1990
- [Bloomfield 33] L. Bloomfield, *Language*, London: George Allen, 1935
- [Bobrow, Collins 75] D.G. Bobrow, A.M. Collins (eds), *Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science*, New York: Academic Press, 1975
- [Bosch 83] P. Bosch, *Agreement and Anaphora*, London: Academic Press, 1983

- [Brachman 79] R.J. Brachman, "On the Epistemological Status of Semantic Networks", in [Findler 79], 3–50
- [Brachman, Schmolze 85] R.J. Brachman, J.G. Schmolze, "An Overview of the KL-ONE Knowledge Representation Language" in *Cognitive Science* **9**, 171–216, 1985
- [Brady, Berwick 83] M. Brady, R.C. Berwick (eds), *Computational Models of Discourse*, Cambridge (MA): MIT Press, 1983
- [Brown, Yule 83] G. Brown, G. Yule, *Discourse Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983
- [Bühler 34] K. Bühler, *Sprachtheorie*, Stuttgart: Gustav Fischer, 1982
- [Carroll 1865] L. Carroll, *The Annotated Alice*, Edited by Martin Gardner, Harmondsworth: Penguin, 1970
- [Carter 87] D. Carter, *Interpreting Anaphors in Natural Language Texts*, Chichester: Ellis Horwood, 1987
- [Chierchia 90] G. Chierchia, "Anaphora and Dynamic Logic", in [Groenendijk et al. 90], 37–78
- [Chierchia et al. 89] G. Chierchia, B.H. Partee, R. Turner (eds), *Properties, Types and Meaning*, Vol. II, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989
- [Christaller 91] T. Christaller (Hrsg.), *GWAI-91*, Berlin: Springer, 1991
- [Cornish 86] F. Cornish, *Anaphoric Relations in English and French*, London: Croom Helm, 1986
- [Corrigan et al. 89] R. Corrigan, F. Eckman, M. Noonan (eds), *Linguistic Categorization*, Amsterdam: John Benjamins, 1989
- [Cresswell 78] M. J. Cresswell, "Semantic Competence", in [Cresswell 88], 12–33
- [Cresswell 88] M. J. Cresswell, *Semantical Essays*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988
- [Cruse 86] D.A. Cruse, *Lexical Semantics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1986
- [Daly 75] D. Daly, *Anaphora and Coreference in English*, Ann Arbor: University Microfilms, 1975

- [Davidson 67] D. Davidson, "The Logical Form of Action Sentences", in [Davidson 80], 105–122
- [Davidson 80] D. Davidson, *Essays on Actions and Events* Oxford: Clarendon Press, 1980
- [Dekker 90] P. Dekker, "The Scope of Negation in Discourse", in [Groenendijk et al. 90], 79–134
- [Dowty et al. 81] D. R. Dowty, R. E. Wall, S. Peters, *Introduction to Montague Semantics*, Dordrecht: D. Reidel, 1981
- [Dummett 75^D] M. Dummett, "Was ist eine Bedeutungstheorie?" in [Dummett 82], 94–155
- [Dummett 82] M. Dummett, *Wahrheit*, Stuttgart: Reclam 1982
- [Eberle 90] K. Eberle, "Eventualities in a Natural Language Understanding System", in [Bläsius et al. 90], 209–239
- [Egli 79] U. Egli, "The Stoic Concept of Anaphora", in [Bäuerle et al. 79], 266–283
- [Ende 60/62] M. Ende, *Jim Knopf und Lukas der Lokomotivführer*, Stuttgart: Thienemann, 1989
- [Erben 72] J. Erben, *Deutsche Grammatik*, München: Max Hueber, 1972
- [Evans 80] G. Evans, "Pronouns", *Linguistic Inquiry* **11**, 337–362, 1980
- [Fanselow, Felix 87] G. Fanselow, S.W. Felix, *Sprachtheorie*, Band 2, Tübingen: Francke, 1987
- [Fillmore 68] C.J. Fillmore, "The Case for Case", in [Bach, Harms 68], 1–88
- [Findler 79] N.V. Findler (Ed.), *Associative Networks*, New York: Academic Press, 1979
- [Fine 84] K. Fine, "A Defense of Arbitrary Objects", in [Landman, Veltman 84], 123–142
- [Fine 85] K. Fine, *Reasoning with Arbitrary Objects*, Oxford: Basil Blackwell, 1985
- [Fine 85a] K. Fine, "Natural Deduction and Arbitrary Objects", *Journal of Philosophical Logic* **14**, 57–107, 1985

- [Fischer 92] M. Fischer, *Integration Temporaler Operatoren in ein Terminologisches Repräsentationssystem*, KIT-Report in Vorbereitung
- [Fodor, Sag 82] J.D. Fodor, I.A. Sag, “Referential and Quantificational Indefinites”, *Linguistics and Philosophy*, 355–398, 1982
- [Gabbay, Guentner 83] D. Gabbay, F. Guentner (eds), *Handbook of Philosophical Logic*, Vol. I: Elements of Classical Logic, Dordrecht: Reidel, 1983
- [Gabbay, Guentner 89] D. Gabbay, F. Guentner (eds), *Handbook of Philosophical Logic*, Vol. IV: Topics in the Philosophy of Language, Dordrecht: Reidel, 1989
- [Gärdenfors 87] P. Gärdenfors (ed.), *Generalized Quantifiers*, Dordrecht: Reidel, 1987
- [Garey, Johnson 79] M.R. Garey, D.S. Johnson, *Computers and Intractability*, New York: Freeman 1979
- [Groenendijk, Stokhof 90] J. Groenendijk, M. Stokhof, “Dynamic Montague Grammar”, in [Groenendijk et al. 90], 1–35
- [Groenendijk, Stokhof 91] J. Groenendijk, M. Stokhof, “Dynamic Predicate Logic”, *Linguistics and Philosophy* **14**, 39–100, 1991
- [Groenendijk et al. 81] J. Groenendijk, T.M.V. Janssen, M.B.J. Stokhof (eds), *Formal Methods in the Study of Language*, Amsterdam: Mathematical Centre, 1981
- [Groenendijk et al. 90] J. Groenendijk, M. Stokhof, G. Chierchia, P. Dekker, *Quantification and Anaphora I*, ESPRIT Basic Research Action BR3175: DYANA, Deliverable R2.2.A, 1990
- [Grundzüge 81] K. E. Heidolph, W. Fläming, W. Motsch, *Grundzüge einer deutschen Grammatik*, Berlin: Akademie Verlag, 1981
- [Guentner, Schmidt 79] F. Guentner, S.J. Schmidt (eds), *Formal Semantics and Pragmatics for Natural Languages*, Dordrecht: Reidel, 1979
- [Hankamer, Sag 76] J. Hankamer, I. Sag, “Deep and Surface Anaphora”, *Linguistic Inquiry* **7**, 391–428
- [Harweg 68] R. Harweg, *Pronomina und Textkonstitution*, München: Wilhelm Fink, 1979²

- [Hauenschild 84] C. Hauenschild, “Entwurf eines Textmodells zur Erfassung anaphorischer Bezüge”, in [Rothkegel, Sandig 84], 131–148
- [Hauenschild 91] C. Hauenschild, “Anaphern-Interpretation in der Maschinellen Übersetzung”, erscheint in *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*
- [Hauenschild, Pause 83] C. Hauenschild, P.E. Pause, “Faktoren-Analyse zur Modellierung des Textverstehens”, *Linguistische Berichte*, 101–120
- [Hayes 77] P.J. Hayes, “In Defence of Logic”, *Proceedings of IJCAI-77*, 559–565
- [Heim 82] I. Heim, *The Semantics of Definite and Indefinite Noun Phrases* PhD: University of Massachusetts, 1982
- [Heim 90] I. Heim, “E-Type Pronouns and Donkey Anaphora”, *Linguistics and Philosophy* **13**, 137–177, 1990
- [Heinemann, Viehweger 91] W. Heinemann, D. Viehweger, *Textlinguistik*, Tübingen: Niemeyer, 1991
- [Heyer 87] G. Heyer, *Zur Logik und Ontologie generischer Kennzeichnungen*, München: Philosophia, 1987
- [Heyer 90] G. Heyer, “Semantics and Knowledge Representation in Analysis of Generic Descriptions”, *Journal of Semantics* **7**, 93–110, 1990
- [Hinrichs 86] E. Hinrichs, “Temporal Anaphora in Discourse of English”, *Linguistics and Philosophy* **9**, 63–82, 1986
- [Hirst 81] G. Hirst, *Anaphora in Natural Language Understanding*, Berlin: Springer, 1981
- [Hodges 83] W. Hodges, “Elementary Predicate Logic”, in [Gabbay, Guenther 83], 1–131
- [Hoepfner 88] W. Hoepfner (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz*, Proceedings of GWAI-88, Berlin: Springer, 1990
- [Kamp 81] H. Kamp, “A Theory of Truth and Semantic Representation”, in [Groenendijk et al. 81]
- [Katz, Fodor 63] J.J. Katz, J.A. Fodor, “The Structure of a Semantic Theory”, *Language* **39**, 170–210 1963

- [Katz, Nagel 74] J.J. Katz, R.I. Nagel, “Meaning Postulates and Semantic Theory”, *Foundations of Language* **11**, 1974
- [Kindermann 90] C. Kindermann, “Class Instances in a Terminological Framework – an Experience Report”, in [Marburger 90], 48–57
- [King 87] J.C. King, “Pronouns, Descriptions, and the Semantics of Discourse”, *Philosophical Studies* **51**, 341–363, 1987
- [Klein 91] R. Klein, “Model Representation and Taxonomic Reasoning in Configuration Problem Solving”, in [Christaller 91], 182–194
- [Landman, Moerdijk 83] F. Landman, I. Moerdijk, “Compositionality and the Analysis of Anaphora” *Linguistics and Philosophy* **6**, 89–114
- [Landman, Veltman 84] F. Landman, F. Veltman (eds), *Varieties of Formal Semantics*, Dordrecht: Foris, 1984
- [Link 83] G. Link, “The Logical Analysis of Plurals and Mass Terms: A Lattice-theoretical Approach”, in [Bäuerle et al. 83], 302–323
- [Lloyd 90] J.W. Lloyd (Ed.), *Computational Logic*, Berlin: Springer, 1990
- [Löbner 85] S. Löbner, “Definites”, *Journal of Semantics* **4**, 279–326, 1985
- [Lombard 86] L.B. Lombard, *Events: A Metaphysical Study*, London: Routledge, 1986
- [Lust 86] B. Lust (Ed.), *Studies in the Aquisition of Anaphora, Vol. I: Defining the Constraints*, Dordrecht: D. Reidel, 1986
- [Lust 86a] B. Lust, “Introduction”, in [Lust 86], 3–103
- [Lyons 77^D] J. Lyons, *Semantik*, Band I, Aus dem Englischen übertragen und für den deutschen Leser eingerichtet von Brigitte Asbach-Schnitker, Jean Boase und Herbert E. Brekle, München: Beck, 1980
- [Lyons 77^D] J. Lyons, *Semantik*, Band II, Aus dem Englischen übertragen und für den deutschen Leser eingerichtet von Jutta Schust, München: Beck, 1983
- [Marburger 90] H. Marburger (Ed.), *Proceedings of GWAI-90*, Berlin: Springer, 1990
- [Minsky 68] M. Minsky (Ed.), *Semantic Information Processing*, Cambridge (MA): MIT Press, 1968

- [Moignet 60] G. Moignet, “La suppléance du verbe en français”, in [Moignet 74], 13–35
- [Moignet 74] G. Moignet, *Études de Psycho-Systématique Française*, Paris: Klincksieck, 1974
- [Neale 90] S. Neale, “Descriptive Pronouns and Donkey Anaphora”, *Journal of Philosophy* **87**, 113–150, 1990
- [Nebel 90] B. Nebel, *Reasoning and Revision in Hybrid Representation Systems*, Berlin: Springer, 1990
- [Owsnicki-Klewe 88] B. Owsnicki-Klewe, “Configuration as a Consistency Maintenance Task”, in [Hoepfner 88], 77–87
- [Partee 84] B. H. Partee, “Nominal and Temporal Anaphora”, *Linguistics and Philosophy* **7**, 243–286, 1984
- [Pelletier 75] F.J. Pelletier, *Mass Terms: Some Philosophical Problems*, Dordrecht: Reidel, 1975
- [Peterson 82] P.L. Peterson, “Anaphoric Reference to Facts, Propositions and Events”, *Linguistics and Philosophy* **5**, 235–276, 1982
- [Pinborg 67] J. Pinborg, *Die Entwicklung der Sprachtheorie im Mittelalter*, Münster Westfalen: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, 1967
- [Pinchon 72] J. Pinchon, *Les Pronoms Adverbiaux en et y*, Genève: Librairie Droz, 1972
- [Pinkal 88] M. Pinkal, *Neuere Semantikmodelle für die Verarbeitung natürlicher Sprache*, Universität Hamburg: FBI-HH-M-164/88, Dezember 1988
- [Quantz 90] J. Quantz, *Modeling and Reasoning with Defined Roles in BACK*, KIT Report 84, Technische Universität Berlin, 1990
- [Quantz, Kindermann 90] J. Quantz, C. Kindermann, *Implementation of the BACK System Version 4*, KIT Report 78, Technische Universität Berlin, 1990
- [Quantz et al. 91] J. Quantz, V. Royer, K. Schild, C. Saurel, “On Default Reasoning Extensions of the BACK System”, in ESPRIT P5210 Deliverable, WP1: Knowledge Representation System, 37–84, 1991
- [Quillian 68] M.R. Quillian, “Semantic Memory”, in [Minsky 68], 216–270

- [Radford 81] A. Radford, *Transformational Syntax*, Cambridge: Cambridge University Press, 1981
- [Reinhart 83] T. Reinhart, "Coreference and Bound Anaphora: A Restatement of the Anaphora Questions", *Linguistics and Philosophy* **6**, 47–88, 1983
- [Robins 67] R. H. Robins, *A Short History of Linguistics*, London: Longmans, 1967
- [Rooth 87] M. Rooth, "Noun Phrase Interpretation in Montague Grammar, File Change Semantics, and Situation Semantics", in [Gärdenfors 87], 237–268
- [Rothkegel, Sandig 84] A. Rothkegel, B. Sandig (Hrsg.), *Text – Textsorten – Semantik*, Hamburg: Buske, 1984
- [Rüttenauer 78] M. Rüttenauer, *Vorkommen und Verwendung der adverbialen Proformen im Deutschen*, Hamburg: Buske, 1978
- [Schecker, Wunderli 75] M. Schecker, P. Wunderli (Hrsg.), *Beiträge zum Problem der Textualität*, Tübingen: Niemeyer, 1975
- [Schild 89] K. Schild, *Towards a Theory of Frames and Rules*, KIT Report 76, Technische Universität Berlin, 1989
- [Schild 91] K. Schild, *A Tense-Logical Extension of Terminological Logics*, KIT Report in Vorbereitung
- [Schmidt 79] R.T. Schmidt, *Die Grammatik der Stoiker*, Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn, 1979
- [Schmitz 90] B. Schmitz, *Zur Wissensrepräsentation in der Maschinellen Sprachverarbeitung: Die mögliche Verwendung von KL-ONE*, KIT Report 80, Technische Universität Berlin, 1990
- [Schmitz et al. 91] B. Schmitz, S. Preuss, C. Hauenschild, *Textrepräsentation und Hintergrundwissen in KIT-FAST*, KIT-Report in Vorbereitung
- [Schmiedel 90] A. Schmiedel, "A Temporal Terminological Logic", *Proceedings of AAAI-90*, 640–645
- [Schubert, Pelletier 89] L.K. Schubert, F.J. Pelletier, "Generically Speaking, or, Using Discourse Representation Theory to Interpret Generics", in [Chierchia et al. 89], 193–268

- [Sempé, Goscinny 61] J.-J. Sempé, R. Goscinny, *Les Récrés du Petit Nicolas*, Gallimard, 1987
- [Sharpe 86] P.J. Sharpe, *Barron's how to Prepare for the TOEFL Test of English as a Foreign Language*, Fifth Edition, New York: Barron's, 1986
- [Shoham 88] Y. Shoham, *Reasoning about Change*, Cambridge (MA): MIT Press, 1988
- [Sidner 83] C.L. Sidner, "Focusing in the Comprehension of Definite Anaphora", in [Brady, Berwick 83], 267–330, 1983
- [Smaby 79] R. Smaby, "Ambiguous Coreference with Quantifiers", in [Guenther, Schmidt 79], 37–75
- [Smith 82] B. Smith (Ed.), *Parts and Moments: Studies in Logic and Formal Ontology*, München: Philosophia, 1982
- [Sperber, Wilson 86] D. Sperber, D. Wilson, *Relevance*, Oxford: Basil Blackwell, 1986
- [Sugamoto 89] N. Sugamoto, "Pronominality: A Noun-Pronoun Continuum", in [Corrigan et al. 89], 267–291
- [Vater 75] H. Vater, "Pro-Formen des Deutschen", in [Schecker, Wunderli 75], 20–42
- [Vater 90] *Einführung in die Textlinguistik*, Köln: KLAGE 21, 1990
- [Webber 79] B. L. Webber, *A Formal Approach to Discourse Anaphora*, New York: Garland, 1979
- [Westerståhl 89] D. Westerståhl, "Quantifiers in Formal and Natural Languages", in [Gabbay, Guenther 89], 1–131
- [Wilson 84] G.M. Wilson, "Pronouns and Pronominal Descriptions: A New Semantical Category", *Philosophical Studies* **45**, 1–30, 1984
- [Woods 75] W.W. Woods, "What's in a Link", in [Bobrow, Collins 75], 35–82
- [Yule 83] G. Yule, "Interpreting Anaphora without Identifying Reference", *Journal of Semantics* **1**, 315–322
- [Zemach 70] E.M. Zemach, "Four Ontologies", in [Pelletier 75], 63–80
- [Zemach 75] E.M. Zemach, "On the Adequacy of a Type Ontology", in [Pelletier 75], 81–87