

Die vier Elementar-Ontologien semantischer Interpretation und ihre empirischen Folgen

Roland Hausser

Universität Erlangen-Nürnberg
Abteilung Computerlinguistik (CLUE)
rrh@linguistik.uni-erlangen.de

Diese Arbeit vergleicht die Interpretation der Logiksprachen, der Programmiersprachen und der natürlichen Sprachen. Sie zeigt, daß die Semantiken dieser Sprachen auf unterschiedlichen Ontologien beruhen und untersucht, wie sich diese auf die empirische Analyse der Wahrheit, des Epimenides-Paradoxons, propositionaler Einstellungen und der Vagheit auswirken.

1 Metasprachliche Semantik

In der Logik wird eine semantische Beziehung zwischen der formalen Sprache und der Welt etabliert, indem diese beiden Ebenen und die systematische Beziehung zwischen ihnen *definiert* werden. Die Theorie hinter dieser Methode wurde in ihrer noch heute gültigen Form von ALFRED TARSKI (1902–1983) präsentiert.

Die Interpretation einer Logiksprache soll bestimmen, unter welchen Umständen die Ausdrücke der Objektsprache wahr sind. Die Objektsprache ist die Sprache, die semantisch interpretiert wird (z.B. zitierte Ausdrücke wie ‘ ϕ & ψ ’), während die Definitionen der semantischen Interpretation in einer Metasprache formuliert werden. Tarskis metasprachliches Grundschema zur Charakterisierung der Wahrheit ist die sogenannte T-Bedingung.

1.1 Schema von Tarskis T-Bedingung

T: x ist ein wahrer Satz dann und nur dann, wenn p.

Die T-Bedingung als Ganzes ist ein Satz der Metasprache, der den Satz x der Objektsprache zitiert und als p übersetzt. Tarski verwendet das folgende Beispiel:

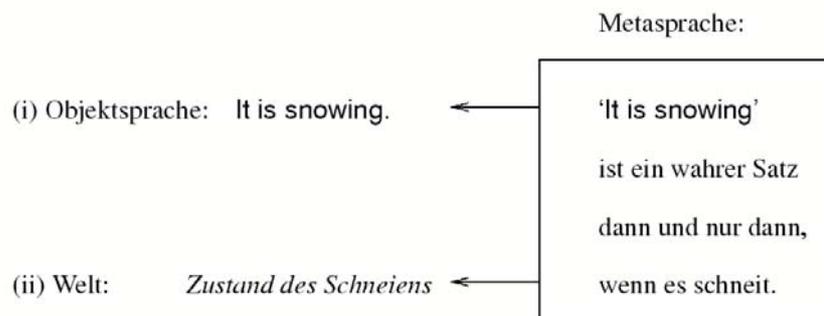
1.2 Instantiierung von Tarskis T-Bedingung

'It is snowing' ist ein wahrer Satz dann – und nur dann – wenn es schneit.

Dieses Beispiel ist von trügerischer Einfachheit, die zu Mißverständnissen geführt hat.¹ Was 1.1 und 1.2 in ihrer provokativen Simplizität für sich allein betrachtet nicht zum Ausdruck bringen, ist der genaue Charakter der *Zwei-Ebenen-Struktur*, die allen Formen der semantischen Interpretation zugrunde liegt.

Ein genaueres Studium von Tarskis Text zeigt, daß sich der Sinn der T-Bedingung keineswegs auf eine formelhafte Wiederholung des objektsprachlichen Ausdrucks in der metasprachlichen Übersetzung beschränkt. Die T-Bedingung hat vielmehr eine zweifache Funktion. Erstens wird mit Hilfe der Metasprache eine systematische Verbindung zwischen der Objektsprache und der Welt hergestellt; die Metasprache ist also das Mittel, um den *Zuordnungsalgorithmus* in der logischen Semantik zu realisieren. Zweitens wird mit Hilfe der Metasprache Wahrheit charakterisiert: der Wahrheitswert von x in der Objektsprache soll über die Interpretation von p in der Metasprache bestimmbar sein.

Beide Funktionen setzen voraus, daß die Metasprache sowohl auf (i) die Objektsprache als auch (ii) auf den Zustand der Welt (Modell) direkt Bezug nehmen kann. Diese von der Metasprache zwischen den beiden Ebenen der Objektsprache und der Welt hergestellte Verbindung ist in 1.3 schematisch dargestellt.



1.3 Verhältnis von Objekt- und Metasprache

Der direkte Bezug der Metasprache auf die Welt wird *Verifikation* genannt. Die Verifikation von T besteht in der praktischen Möglichkeit, tatsächlich festzustellen, ob p zutrifft oder nicht. Um beispielsweise feststellen zu können, ob It is snowing wahr ist oder nicht, muß es möglich sein, festzustellen, ob es tatsächlich schneit oder nicht. Solange die Möglichkeit der Verifikation nicht grundsätzlich garantiert ist, ist die T-Bedingung (i) für die Charakterisierung der Wahrheit inhaltsleer (siehe auch 2.1) und (ii) als Methode der Zuordnung semantischer Objekte disfunktional.

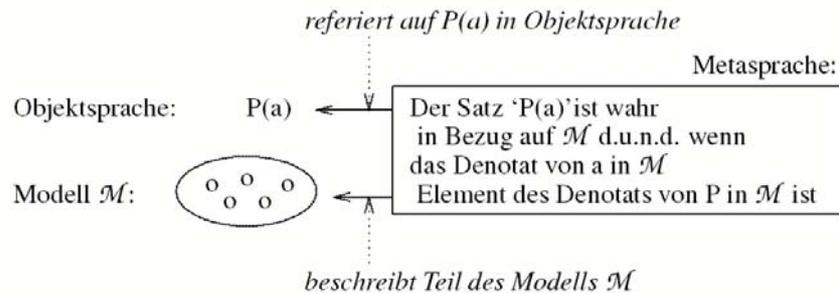
Laut Tarski erfordert diese Konstruktion, daß (i) alle Zeichen und Ausdrücke der Metasprache explizit aufgezählt werden und (ii) jedes Zeichen und jeder Ausdruck der Metasprache eine klare Bedeutung hat (*has a clear meaning*, Tarski 1935., S. 172). Diese gewissenhafte Behandlung der Metasprache illustriert Tarskis Beispiel des Klassenkalküls, an dem er seine Methode detailliert vorführt. Die einzigen Ausdrücke, die Tarski hierbei benutzt, sind Begriffe wie nicht, und, ist enthalten in, ist Element von, Individuum, Klasse und Relation. Die Bedeutung dieser Ausdrücke ist insofern unmittelbar klar und verständlich, als es sich ausschließlich um mathematische Objekte und mengentheoretische Operationen handelt.

Das Gleiche gilt für die semantischen Regeln im Standard-Prädikatenkalkül, weshalb es sich auch dort um eine wohldefinierte Semantik im Tarskischen Sinn handelt. Eine solche semantische Definition wird in 1.4 (gegenüberliegende Seite) analog zu 1.3 als T-Bedingung dargestellt.

1.4 T-Bedingung bei logischer Definition

Die Möglichkeit, diese T-Bedingung zu verifizieren, wird durch nicht mehr und nicht weniger als die Tatsache garantiert, daß bei jedem beliebigen Modell M jeder Sprecher des Deutschen mit einer minimalen Kenntnis der Mengentheorie in der Lage ist, zu *sehen* (im Sinne der unmittelbaren Anschauung), ob die im Übersetzungsteil von T angegebene Relation von M erfüllt wird oder nicht.

Die Berufung auf die unmittelbare Anschauung ist in der Geschichte der Mathematik schon immer als die letzte Instanz herangezogen worden:



En l'un les principes sont palpables mais éloignés de l'usage commun de sorte qu'on a peine à tourner la tête de ce côté-là, manque d'habitude : mais pour peu qu'on l'y tourne, on voit les principes à peine; et il faudrait avoir tout à fait l'esprit faux pour mal raisonner sur des principes si gros qu'il est presque impossible qu'ils échappent.

[Die Prinzipien {des mathematischen Geistes} sind greifbar, aber fern des allgemeinen Gebrauchs, weshalb es Mühe macht, sich ihnen zuzuwenden, da die Gewohnheit fehlt ; aber kaum hat man sich ihnen zugewendet, übersieht man die Prinzipien vollständig; und es bedürfte eines völlig verkehrten Verstandes, um falsch auf Grund von Prinzipien zu schließen, die so offensichtlich sind, daß sie einem kaum entgehen können.]

B. PASCAL (1623–1662), *Pensées*, 1951:340

Die Tarskische Methode ist insofern auf die Bereiche von Mathematik, Logik und Naturwissenschaft beschränkt, als nur dort ausreichend sichere Methoden der Verifikation zur Verfügung stehen.

2 Prozedurale Semantik

Im Gegensatz zu einer semantischen Definition wie 1.4 verletzt die folgende Instantiierung der T-Bedingung die Verifikations-Voraussetzung.

2.1 Beispiel einer inhaltsleeren T-Bedingung

'A ist rot' ist ein wahrer Satz dann – und nur dann – wenn A rot ist.

Diese Instantiierung der T-Bedingung ist formal korrekt, aber inhaltsleer, weil in ihr keine Rückführung der objektsprachlichen Bedeutung auf verifizierbare Begriffe der Metasprache stattfindet. Stattdessen wird der Ausdruck der Objektsprache in der metasprachlichen Übersetzung nur wiederholt.

Im Rahmen ihres mengentheoretischen Fundamentes hat eine modelltheoretische Semantik keine Möglichkeit, ein Inhaltswort wie rot wahrheitsfunktional so zu analysieren, daß seine Bedeutung z. B. im Unterschied zu blau adäquat charakterisiert wird. Hier bleibt nur die Möglichkeit, die Metatheorie durch das Hinzuziehen zusätzlicher Wissenschaften, z. B. der Physik, zu erweitern.

Dafür wird aus der hinzugezogenen Wissenschaft eine möglichst kleine Anzahl von zusätzlichen Grundbegriffen zur Erweiterung der Metasprache verwendet. Das Ergebnis erfüllt seinen Zweck, wenn die Bedeutungen der zusätzlichen Ausdrücke verifizierbar sind. In diesem Sinn könnte man z. B. 2.1 etwa wie folgt verbessern.

2.2 Verbesserte T-Bedingung für rot

'A ist rot' ist ein wahrer Satz dann – und nur dann – wenn A Licht im Frequenzbereich zwischen α und β refraktiert.

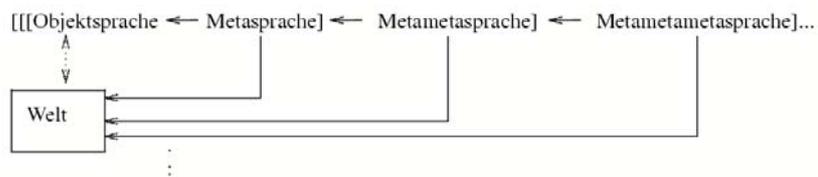
Hier wird in der metasprachlichen Übersetzung eine Rückführung auf elementarere Begriffe (insbesondere die Zahlen a und b auf einer empirisch etablierten Frequenzskala und den physikalisch wohlverstandenen Begriff von refraktiertem Licht) geleistet. Damit wird der objektsprachliche Ausdruck in der T-Bedingung in einer nichttrivialen Weise charakterisiert, die physikalisch verifizierbar ist.

Beispiele wie 2.1 zeigen, daß die Objektsprache Sätze enthalten kann, für die es in einer gegebenen Metasprache nur inhaltsleere Übersetzungen gibt. Das heißt nicht, daß ein Satz wie x ist rot nicht sinnvoll ist oder keinen Wahrheitswert hat. Es heißt nur, daß die Metasprache nicht reich genug ist, um die Grundlagen für eine unmittelbar einsichtige Verifizierung des Satzes bereitzustellen. Damit stellt sich die Frage, wie die Semantik einer Metaspra-

che formal zu behandeln ist, insbesondere in bezug auf ihre noch unanalysierten Teile.

Als Antwort konstruiert Tarski eine unendliche Hierarchie von Metasprachen.

2.3 Hierarchie der Metasprachen



Die Analyse der Wahrheit ist umso genauer, je mehr die Ausdrücke der Objektsprache auf verifizierbare Begriffe in der {Meta} + Sprache zurückgeführt werden. Daß mit dieser unendlichen Hierarchie der Metasprachen den Menschen ein umfassender Zugang zur Wahrheit letztlich verwehrt ist, spricht nicht gegen diese Theorie der Wahrheit – im Gegenteil, darin liegt der philosophische Reiz dieser Konstruktion.

Für die Semantik der Programmiersprachen und der natürlichen Sprachen ist eine Hierarchie von Metasprachen dagegen keine geeignete Grundlage. Betrachten wir z. B. die Gesetze der Grundrechenarten Addition, Multiplikation etc. Das Problem ist nicht, für diese einwandfreie metasprachliche Definitionen zu liefern. Der Punkt ist vielmehr, daß der Weg von einer solchen metasprachlichen Definition zu einer funktionierenden Rechenmaschine sehr weit ist und daß die Rechenmaschine am Ende mechanisch funktioniert, d. h. ohne irgendeinen Bezug auf die Metasprache und ohne irgendeine Notwendigkeit, die Metasprache zu verstehen.

Diese schlichte Tatsache ist Autonomie von der Metasprache genannt worden. Sie ist charakteristisch für alle Computerprogramme. Autonomie von der Metasprache bedeutet nicht, daß Computer auf uninterpretierte, rein syntaktische Deduktionssysteme beschränkt wären, sondern vielmehr, daß die Tarskische Methode der semantischen Interpretation nicht die einzige ist. Statt dem Tarskischen Zuordnungsprinzip über metasprachliche Definition verwenden Programmiersprachen ein *operationales* Zuordnungsprinzip: die Begriffe der Programmiersprache werden automatisch in elektronisch realisierte Operationen umgesetzt.²

3 Epimenides-Paradox

Da der praktische Einsatz von Programmiersprachen eine automatische (d. h. metasprachfreie) Umsetzung ihrer syntaktischen Befehle in entsprechende elektronische Prozesse erfordert, ist eine Tarskische Semantik für Programmiersprachen ungeeignet. Wie aber steht es mit einer Tarskischen Semantik für die natürlichen Sprachen?

Tarski selbst ließ keinen Zweifel daran, daß eine vollständige Analyse der natürlichen Sprachen im Rahmen der logischen Semantik prinzipiell unmöglich ist.

The attempt to set up a structural definition of the term 'true sentence' – applicable to colloquial language – is confronted with insuperable difficulties.

[Der Versuch, zu einer strukturellen Definition des Begriffs 'wahrer Satz' zu gelangen – anwendbar auf die Umgangssprache – steht vor unüberwindlichen Schwierigkeiten.]

TARSKI 1935, S. 164.

Tarski beweist diese Schlußfolgerung auf der Grundlage eines klassischen Paradoxons, das als Epimenides-, Eubolides- oder Lügner-Paradox bekannt ist.

Das Paradox beruht auf Selbstreferenz. In seiner ursprünglichen 'schwachen' Form lautet es wie folgt: Wenn ein Kreter sagt, Alle Kreter lügen (immer), gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder der Kreter spricht die Wahrheit, in welchem Fall es falsch ist, daß *alle* Kreter lügen – da er ja selbst ein Kreter ist. Oder der Kreter lügt, d. h. es gibt mindestens einen anderen Kreter, der nicht lügt. In beiden Fällen ist der Satz falsch.³

Tarski 1935 verwendet das Paradox in der 'starken' Variante von Lesniewski und konstruiert daraus einen Beweis, wonach eine vollständige Analyse der natürlichen Sprachen im Rahmen der logischen Semantik prinzipiell unmöglich ist.

For the sake of greater perspicuity we shall use the symbol 'c' as a typological abbreviation of the expression 'the sentence printed in line 4 of the current quotation.'

Consider now the following sentence:

c is not a true sentence (1935)

Having regard to the meaning of the symbol 'c', we can establish empirically:

(a) 'c is not a true sentence' is identical with c.

For the quotation-mark name of the sentence c we set up an explanation of type (2) [d. h. der T-Bedingung 1.1]:

(b) 'c is not a true sentence' is a true sentence if and only if c is not a true sentence.

The premise (a) and (b) together at once give a contradiction:

c is a true sentence if and only if c is not a true sentence.

[Um der besseren Klarheit willen werden wir das Symbol 'c' als typographische Abkürzung des Ausdrucks 'der Satz, der in der vierten Zeile dieses Zitats gedruckt steht' verwenden. Man betrachte nun den folgenden Satz:

c ist nicht ein wahrer Satz.

Bezüglich der Bedeutung des Symbols 'c' können wir empirisch feststellen:

(a) 'c ist nicht ein wahrer Satz' ist identisch mit c.

Für das Zitat des Satzes c geben wir eine Erklärung im Sinn der T-Bedingung 1.1:

(b) 'c ist nicht ein wahrer Satz' ist ein wahrer Satz dann – und nur dann – wenn c nicht ein wahrer Satz ist.

Die Prämissen (a) und (b) ergeben zusammen sofort einen Widerspruch:

c ist ein wahrer Satz dann und nur dann wenn c nicht ein wahrer Satz ist.]

TARSKI 1935

In dieser Konstruktion basiert die Selbstreferenz auf zwei Voraussetzungen. Erstens wird ein Satz, der in einer bestimmten Zeile an einer bestimmten Stelle steht, mit der Abkürzung 'c' gleichgesetzt.⁴

Zweitens kommt der Buchstabe 'c', mit dem der Satz in Zeile 4 des Zitats abgekürzt wurde, in der unabgekürzten Version eben dieses Satzes vor. Damit ergibt sich die Möglichkeit, das c in dem fraglichen Satz durch das zu ersetzen, was das 'andere' c abkürzt. Es gibt drei Möglichkeiten, diesen Widerspruch in der metasprachlichen T-Bedingung zu verhindern.

Die erste besteht darin, die Abkürzung und die daraus folgende Substitution zu verbieten. Dies lehnt Tarski ab, weil „es keinen rationalen Grund gibt, die Substitution im allgemeinen zu verbieten.“⁵

Die zweite besteht darin, die Wahrheitsprädikate ‘wahr^O’ der Objektsprache und ‘wahr^M’ der Metasprache zu unterscheiden. Damit wäre z.B.

c ist wahr^O dann und nur dann wenn c nicht wahr^M ist.

nicht widersprüchlich, weil wahr^O \neq wahr^M. Diese Möglichkeit zieht Tarski nicht in Betracht, vermutlich weil die Postulierung mehrerer Wahrheitsprädikate mit dem eigentlichen Anliegen der logischen Semantik, nämlich einer formalen Charakterisierung *der* Wahrheit, kollidiert.

Die dritte, von Tarski gewählte Möglichkeit, den durch das Epimenides-Paradox induzierten Widerspruch zu vermeiden, besteht darin, die Verwendung des Wahrheitsprädikats in der zu interpretierenden Objektsprache zu verbieten. Für die ursprünglichen Ziele der logischen Semantik stellt die Wahl dieser dritten Möglichkeit, also die Verbannung der Wörter *wahr* und *falsch* aus der Objektsprache, keinerlei Problem dar. Wenn es darum geht, naturwissenschaftliche Theorien wie die Physik als eine wahre Beziehung zwischen logischen Aussagen und Sachverhalten zu charakterisieren, benötigt man kein objektsprachliches Wahrheitsprädikat. Das gleiche gilt für formale Theorien wie die Mathematik.

Hinzu kommt, daß die Entwicklung semantisch interpretierter logischer Kalküle für viele mathematische Logiker vor allem den Zweck hat, die Vagheiten und Widersprüchlichkeiten der natürlichen Sprachen zu vermeiden. So schreibt z.B. Frege 1896 (1967, S. 221):

Der Grund, weshalb die Wortsprachen zu diesem Zweck [i. e. Schlüsse nur nach rein logischen Gesetzen zu ziehen] wenig geeignet sind, liegt nicht nur an der vorkommenden Vieldeutigkeit der Ausdrücke, sondern vor allem in dem Mangel fester Formen für das Schließen. Wörter wie >also<, >folglich<, >weil< deuten zwar darauf hin, daß geschlossen wird, sagen aber nichts über das Gesetz, nach dem geschlossen wird, und können ohne Sprachfehler auch gebraucht werden, wo gar kein logisch gerechtfertigter Schluß vorliegt.

Auch vor diesem Hintergrund ist es nur zu verständlich, wenn Tarski es entschieden von sich weist, sein System auf die natürlichen Sprachen zu übertragen.

Da die natürlichen Sprachen die Wörter *wahr* und *falsch* enthalten *müssen*,⁶ folgt, daß eine logisch-semantische Interpretation einer natürlichen (Objekt-)Sprache in ihrer Gesamtheit unvermeidlich zum Widerspruch führt. Tarskis Schüler RICHARD MONTAGUE (1930–1970) bestand jedoch trotzdem darauf, die logische Semantik auf die natürlichen Sprachen anzuwenden:

I reject the contention that an important theoretical difference exists between formal and natural languages. ... Like Donald Davidson I regard the construction of a theory of truth – or rather the more general notion of truth under an arbitrary interpretation – as the basic goal of serious syntax and semantics.

[Ich weise die Behauptung zurück, daß zwischen den logischen und den natürlichen Sprachen ein wichtiger theoretischer Unterschied bestünde. . . . Wie Donald Davidson betrachte ich die Konstruktion einer Theorie der Wahrheit – oder allgemeiner, der Wahrheit unter beliebigen Interpretationen – als das elementare Ziel ernsthafter Syntax und Semantik.]

MONTAGUE 1970, *English as a formal language*⁷

Natürlich kannte Montague das Epimenides-Paradox und Tarskis Folgerung. In seinen Arbeiten zur Semantik natürlicher Sprachen geht er jedoch mit keinem Wort auf diesen Problembereich ein. Dafür ist der von Montague zitierte Davidson explizit:

Tarski's ... point is that we should have to reform natural language out of all recognition before we could apply formal semantic methods. If this is true, it is fatal to my project.

[Tarskis Punkt ist, daß wir die natürlichen Sprachen bis zur Unkenntlichkeit reformieren müßten, bevor wir die formal-semantische Methode auf sie anwenden könnten. Sollte dies wahr sein, so ist es tödlich für mein Projekt.]

DAVIDSON 1967

Das Fatale an einem logischen Paradox ist, daß es das ganze semantische System zerstört. Je nachdem, mit welchem Teil des Widerspruchs man eine Folgerungskette beginnt, kann man in einem solchen System zu jeder Aussage auch ihr Gegenteil beweisen. Und das ist gerade für eine Theorie der Wahrheit unerträglich.⁸

4 Propositionale Einstellung

Ein zweites Grundproblem einer logischen Semantik für die natürlichen Sprachen sind die propositionalen Einstellungen. Darunter versteht man Sätze, welche die Relation zwischen einem kognitiven Agenten und einem propositionalen Inhalt beschreiben. Beispielsweise beschreibt der Satz

Susanne glaubt, daß Cicero den Catilina angeklagt hat.

die propositionale Einstellung des Glaubens als Relation zwischen Susanne und der Proposition Cicero hat den Catilina angeklagt. Welche Wahrheitsbedingungen haben propositionale Einstellungen im Rahmen der logischen Semantik?

Nach den Intuitionen der modalen Logik denotiert ein Eigenname in allen möglichen Welten dasselbe Individuum (*rigid designator*, Kripke 1972). Weil Cicero und Tullius Namen für dieselbe Person sind, gilt notwendigerweise (also in allen möglichen Welten), daß Cicero = Tullius. Deshalb folgt aus Cicero klagte Catilina an notwendigerweise Tullius klagte Catilina an.

Wenn einer der beiden Sätze jedoch unter einem Prädikat der propositionalen Einstellung, z.B. glauben, eingebettet wird, gilt die Substitution *salva veritate* auch nicht bei Eigennamen. So folgt zum Beispiel aus Susanne glaubt, daß **Cicero** Catilina anklagte nicht, daß Susanne glaubt, daß **Tullius** Catilina anklagte. Denn obwohl Cicero notwendigerweise gleich Tullius ist, kann es ja sein, daß Susanne dies nicht weiß. Entsprechend würde eine Substitution *salva veritate* zusätzlich die Wahrheit von Susanne **glaubt**, daß Cicero = Tullius erfordern.

Weil verschiedene Menschen sehr unterschiedliche Vorstellungen von der externen Realität haben können, müßte eine Behandlung der propositionalen Einstellungen in der Carnap/Montagueschen Manier nicht nur die naturwissenschaftliche Realität, sondern auch die Glaubenswelten einzelner Individuen modellieren.⁹ Um festzustellen, was Individuen glauben, ist man jedoch auf deren Mitteilungen angewiesen. Dabei kann nicht objektiv überprüft werden, ob diese Mitteilungen wahr oder falsch sind. Deshalb stellen individuelle 'Glaubenswelten' einen Prototyp dessen dar, was außerhalb einer wissenschaftlichen Wahrheitsfindung liegt.¹⁰

Das Phänomen der propositionalen Einstellungen stellt eine modelltheoretische Semantik der natürlichen Sprachen vor die folgende Frage:

4.1 Ontologisches Grundproblem der Modelltheorie

Ist der Sprecher/Hörer Teil der Modellstruktur oder ist die Modellstruktur Teil des Sprecher/Hörers?

Wenn das Ziel eine Charakterisierung der Wahrheit ist, dann werden nur logische Bedeutungen verwendet, die als ewig und unmittelbar einsichtig vorausgesetzt werden. Wie alle anderen 'Gegenstände' auch, ist bei diesem Ansatz der Sprecher/Hörer Teil der Modellstruktur. Wahrheitsbeziehungen zwischen Aussagen und Sachverhalten bestehen unabhängig davon, ob sie von diesem oder jenem Sprecher/Hörer entdeckt werden oder nicht.¹¹

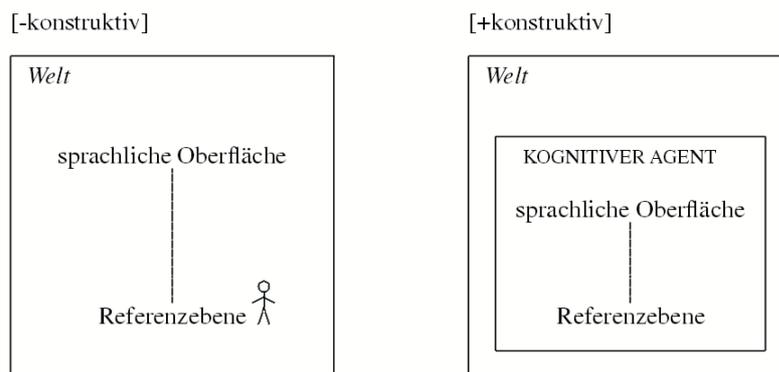
Steht dagegen die sprachliche Bedeutung im Vordergrund, wird das logische System, das anfänglich unter Verwendung logischer Bedeutungen zur Charakterisierung der Wahrheit entwickelt wurde, zu einer Charakterisierung sprachlicher Bedeutungen in der Form von Wahrheitsbedingungen verwendet. Das Ziel, die logischen Aspekte natürlicher Bedeutungen herauszuarbeiten, bringt aber nolens volens eine Veränderung der ursprünglichen ontologischen Annahmen mit sich.

Sprachliche Bedeutungen können nämlich nur dann vom Sprecher/Hörer in der Kommunikation verwendet werden, wenn sie Teil seiner oder ihrer Kognition sind. Deshalb führt die Beschreibung sprachlicher Bedeutungen im Rahmen der logischen Semantik notwendigerweise dazu, daß das logische Modell als kognitive Struktur und damit als Teil des Sprecher/Hörers interpretiert wird.

Die kognitive Interpretation des Modells als Teil des Sprecher/Hörers ist mit den Zielen und Methoden einer traditionellen Theorie der Wahrheit unvereinbar. Umgekehrt ist die 'realistische' Interpretation des Modells im Rahmen einer Theorie der Wahrheit unvereinbar mit einer Bedeutungsanalyse natürlicher Sprache.¹²

Die in 4.1 formulierte Alternative ist in 4.2 schematisch dargestellt, wobei der Unterschied mit dem Merkmal [\pm konstruktiv] bezeichnet wird.

4.2 Zwei Interpretationen der Modelltheorie



Bei der [-konstruktiv]-Interpretation findet die Beziehung zwischen der sprachlichen Oberfläche und der Referenzebene außerhalb des kognitiven Agenten in der Welt statt. Der Agent ist selbst ein Objekt der Referenzebene, der diese gewissermaßen gottgegebene, direkte Beziehung zwischen der Sprache und den Objekten der Welt betrachten und logisch nachbauen kann. Für die *Verwendung* von Sprache durch den Agenten ist in der [-konstruktiv]-Interpretation kein Raum.

Bei der [+konstruktiv]-Interpretation findet die Beziehung zwischen der sprachlichen Oberfläche und der Referenzebene dagegen ausschließlich innerhalb des kognitiven Agenten statt. Was der Agent in der Welt nicht wahrnehmen kann, spielt bei der sprachlichen Referenz keine Rolle, wohl aber das, was der Agent fühlt, wünscht, plant etc. Bei der [+konstruktiv]-Interpretation kommt Referenz *nur* über die Verwendung von Sprache durch den Agenten zustande.

Der fundamentalste Unterschied zwischen den beiden Ontologien besteht darin, daß [-konstruktiv]-Systeme eine metasprachliche und [+konstruktiv]-Systeme eine prozedurale Semantik haben *müssen*. In [-konstruktiv]-Systemen kann die Beziehung zwischen Aussage und Sachverhalt nur über die metasprachliche Definition etabliert werden, denn bei wissenschaftlichen Aussagen, die als ewig gültig und Sprecher/Hörer-unabhängig betrachtet werden, ist diese Beziehung nicht sinnvoll zu operationalisieren.¹³ Dagegen sind [+konstruktiv]-Systeme ohne

eine prozedurale Semantik nutzlos, denn mit einer metasprachlichen Semantik kann weder ein Computer noch ein kognitiver Agent praktisch funktionieren.

5 Ontologien semantischer Interpretation

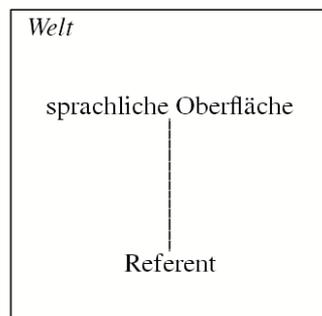
Ein zweiter Unterschied bei Systemen der semantischen Interpretation kann durch das Merkmal $[\pm \text{Sinn}]$ repräsentiert werden. Dieses bezieht sich darauf, ob die sprachliche Bedeutung mit den Referenzobjekten gleichgesetzt wird [-Sinn], oder ob die Bedeutung auf einer eigenen Stufe als Fregescher 'Sinn' behandelt wird, der sich von den Referenzobjekten unterscheidet [+Sinn].

Die binären Merkmale $[\pm \text{Sinn}]$ und $[\pm \text{konstruktiv}]$ sind unabhängig voneinander und können daher miteinander kombiniert werden. Daraus ergeben sich vier Typen der semantischen Interpretation, die auf vier verschiedenen Ontologien beruhen, nämlich [-Sinn, -konstruktiv], [+Sinn, -konstruktiv], [-Sinn, +konstruktiv] und [+Sinn, +konstruktiv].

5.1 Vier elementare Ontologien

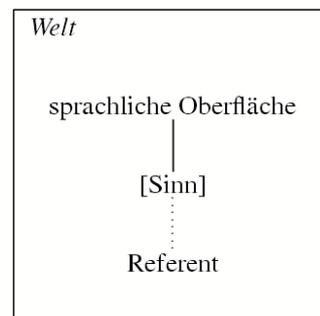
i [-Sinn, -konstruktiv]

Russell, Carnap, Quine, Montague



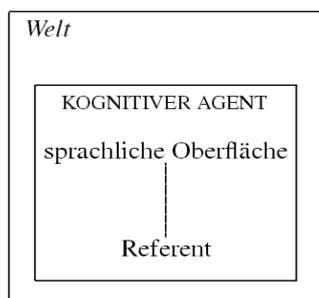
ii [+Sinn, -konstruktiv]

Frege

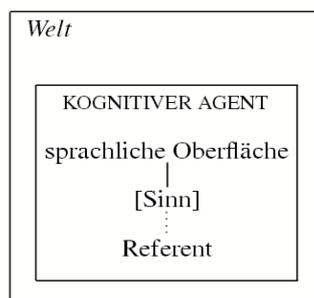


iii [-Sinn, +konstruktiv]

Newell & Simon, Winograd, Shank

**iv [+Sinn, +konstruktiv]**

Anderson, CURIOUS, SLIM-Maschine



Wie durch die Namen angedeutet, sind diese verschiedenen Ontologien von verschiedenen Schulen der semantischen Interpretation zugrunde gelegt worden.

Die [-Sinn, -konstruktiv]-Ontologie (i) entspricht der Semantik der Logik. In dem Bemühen um eine solide Fundierung der Wahrheit werden nur Dinge verwendet, die ontologisch unzweifelhaft 'real' sind. Im Nominalismus sind dies die sprachlichen Zeichen und die Sachverhalte, die aus konkreten Referenten aufgebaut sind. Im mathematischen Realismus wird die Ontologie um mathematische Objekte (z.B. Zahlen) und Strukturen (z.B. Mengen) erweitert. Beide Varianten der [-Sinn, -konstruktiv]-Ontologie haben gemeinsam, daß die Semantik als eine direkte, externe Beziehung zwischen 'Sprache und Welt' definiert ist. Dieser Semantiktyp entspricht der gesamten Hauptlinie der modernen philosophischen Logik, von Russell über den frühen Wittgenstein, Carnap, Montague¹⁴ bis Putnam.

Die [+Sinn, -konstruktiv]-Ontologie (ii) wurde von Frege verwendet und ist von dem Versuch motiviert, ungerade (opaque, intensionale) Lesarten in den natürlichen Sprachen zu analysieren. Für eine Modellierung der natürlichen Kommunikationsmechanik ist dies nur ein halber Schritt in der richtigen Richtung. Denn als Theorie der Wahrheit ist jede [-konstruktiv]-Semantik mit einer Darstellung kognitiver Zustände unvereinbar.¹⁵

Die [-Sinn, +konstruktiv]-Ontologie (iii) entspricht der Semantik der Programmiersprachen. Der Benutzer gibt in den Computer Befehle (programmiersprachliche Oberflächen) ein, die direkt in entsprechende elektronische Prozeduren umgesetzt werden. Wenn das Ergebnis errechnet worden ist, wird es dem Benutzer vom Computer mit Hilfe programmiersprachlicher Oberflächen mitgeteilt, z.B. auf dem Bildschirm. In dieser traditionellen Verwendung ist der Computer von einem kognitiven Agenten noch weit entfernt. Es liegt aber bereits eine Unterscheidung zwischen dem *task environment* in der Welt und dem computerinternen *problem space* vor, wobei die semantische Interpretation in letzterem stattfindet.

Aufgrund ihrer Entstehung als traditionelle Programme auf traditionellen Computern basieren die klassischen Systeme der künstlichen Intelligenz gewissermaßen unbewußt auf einer [-Sinn, +konstruktiv]-Ontologie. Dies gilt z.B. für SHRDLU (Winograd 1972), HEARSAY (Reddy et al. 1973) und SAM (Schank & Abelson 1977). Auch in der kognitiven Psychologie ist dieser ontologische Ansatz vertreten worden, z.B. bei den *mental models* von Johnson-Laird 1983.

In der künstlichen Intelligenz haben Newell & Simon 1972, S. 66, explizit gegen eine dem Sinn entsprechende Zwischenstufe argumentiert, und zwar rein ontologisch. Die Unterscheidung zwischen sprachlichen Bedeutungen ('Sinn') und den computer-internen Referenten würde „in einer unnötigen und unsparsamen Vervielfältigung hypothetischer Entitäten, für die es keine Evidenz gibt“¹⁶, resultieren.

Eine direkte Verbindung zwischen sprachlichen Ausdrücken und ihren Referenten verhindert jedoch grundsätzlich die eigenständige Klassifikation neuer Gegenstände. Deshalb ist der [-Sinn, +konstruktiv] Semantiktyp auf geschlossene Spielzeugwelten (*toy worlds*) beschränkt, die vom Programmierer gebaut werden müssen.¹⁷ Es ist kein Zufall, daß diese Systeme keine Wahrnehmungskomponenten (z.B. künstliches Sehen) haben. Aufgrund der fehlenden Sinn- oder Konzeptebene wäre es ihnen strukturell unmöglich, neue Gegenstände zu erkennen und automatisch in ihr Weltbild zu integrieren.

Die [+Sinn, +konstruktiv]-Ontologie (iv) liegt der SLIM-Sprachtheorie¹⁸ zugrunde. SLIM ermöglicht die ontologische [+Sinn]-Eigenschaft durch die Abpassung zwischen Sprachbedeutung und kontextueller Referenten. Ihre ontologische [+konstruktiv]-Eigenschaft basiert darauf, daß diese Abpassung im Inneren der kognitiven Agenten stattfindet. In der kognitiven Psychologie findet sich der [+Sinn, +konstruktiv] Semantiktyp bei Anderson & Bower 1973 und 1980.

Das theoretische Verhältnis zwischen den vier verschiedenen Semantiktypen kann man analysieren, indem man entweder die ontologischen Unterschiede oder die formalen Gemeinsamkeiten betont. In letzterem Fall wird man seine Semantik als rein formales Gebilde präsentieren, dem die unterschiedlichsten Interpretationen zugeordnet werden können, ohne daß dabei die formale Essenz tangiert wird. Hierfür liegt es nahe, die verschiedenen ontologischen Grundlagen unter dem Gesichtspunkt der Spezialisierung bzw. Verallgemeinerung zueinander in Beziehung zu setzen.

Den Unterschied zwischen einer [+Sinn]- und einer [-Sinn]-Ontologie kann man minimieren, indem man letztere als eine Vereinfachung der ersteren interpretiert. Angenommen, (i) die Welt ist geschlossen, d. h. Objekte können weder verschwinden, noch neue hinzukommen¹⁹, (ii) die Beziehung zwischen sprachlichen Ausdrücken und ihren Referenten ist ein für allemal festgelegt²⁰ und (iii) eine spontane sprachliche Verwendung durch den Sprecher/Hörer ist nicht vorgesehen. Mit diesen vereinfachenden Annahmen verschwindet der Grund für die Verwendung einer Sinn-Ebene, womit aus einem [+Sinn]-System als Spezialfall ein [-Sinn]-System entsteht.

Letzteres mag aufgrund seiner Vereinfachung als gültiger oder essentieller angesehen werden als ein [+Sinn]-System. Man sollte dabei aber nicht vergessen, daß es empirische Phänomene gibt, die im Rahmen einer [-Sinn]-Ontologie grundsätzlich nicht modelliert werden können, insbesondere der referentielle Bezug auf neue Instanzen eines bestimmten Objekttyps.

Auch der Unterschied zwischen einer [+konstruktiv]- und einer [-konstruktiv]-Ontologie kann im Zuge einer Vereinfachung minimiert werden. Angenommen, die Wahrnehmung des kognitiven Agenten ist so perfekt, daß die Unterscheidung zwischen externen Zeichen bzw. Referenten und den entsprechenden kognitiven Repräsentationen vernachlässigt werden kann. Dann verschwindet der Grund für die Unterscheidung von kognitiver Repräsentation und externer Realität, womit der Verwendung einer [-konstruktiv]-Ontologie – als Spezialfall der [+konstruktiv]-Ontologie – nichts mehr im Wege steht.

Wiederum kann das System mit der [-konstruktiv]-Ontologie für das abstraktere, und daher gültigere und essentiellere, gehalten werden. Man sollte dabei aber nicht vergessen, daß es empirische Phänomene gibt, die im Rahmen einer [-konstruktiv]-Ontologie grundsätzlich nicht modelliert werden können, insbesondere das Phänomen der propositionalen Einstellungen.

Die Wahl zwischen den vier Semantiktypen hängt von der Anwendung ab. Deshalb sollte man (i) vor der *Erweiterung* einer Semantik auf neue Anwendungen und (ii) vor der *Übertragung* von Teilanalysen aus einer Anwendung in eine andere die strukturellen Unterschiede zwischen den vier Ontologien ebenso gut kennen wie ihre möglichen Äquivalenzen aufgrund von Vereinfachungen.

6 Sorites-Paradox und die Behandlung der Vagheit

Die Bedeutung der Ontologie für die empirische Analyse eines semantischen Phänomens zeigt das Beispiel der Vagheit. In der logischen Semantik nimmt die Behandlung der Vagheit ein klassisches Paradox aus der Antike als ihren Ausgangspunkt, nämlich das sogenannte Sorites- oder Haufen-Paradox.

Ein Sandkorn bildet keinen Haufen. Wenn man ein zusätzliches Sandkorn daneben legt, besteht immer noch kein Haufen. Wenn n Körner keinen Haufen bilden, dann entsteht durch das Hinzufügen eines einzigen zusätzlichen Korns immer noch kein Haufen. Wenn dieser Prozeß des Hinzufügens jedoch lange genug fortgesetzt wird, dann befindet man sich irgendwann in einer Situation, wo tatsächlich ein Haufen entstanden ist.

Die Übertragung des Sorites-Paradox auf eine logische Semantik natürlicher Sprachen wird durch die Annahme bewerkstelligt, daß z. B. der Prozeß einer sich langsam schließenden Tür die Frage aufwerfe, bis zu welchem Punkt der Satz Die Tür ist offen noch wahr ist und an welchem Punkt der Satz falsch ist. Dann geht man einen Schritt weiter und fragt, zu welchem *Grad* der Satz bei den verschiedenen Stadien des Türschließens wahr oder falsch ist.

Sensitive students of language, especially psychologists and linguistic philosophers, have long been attuned to the fact that natural language concepts have vague boundaries and fuzzy edges and that, consequently, natural-language sentences will very often be neither true, nor false, nor nonsensical, but rather true to a certain extent and false to a certain extent, true in certain respects and false in other respects.

[Feinfühlig Sprachforscher, insbesondere Psychologen und Sprachphilosophen, haben sich seit langem auf die Tatsache eingestellt, daß die Konzepte der natürlichen Sprachen vage Grenzen und verschwommene Ränder haben, und daß deshalb Sätze der natürlichen

Sprachen sehr oft weder wahr noch falsch noch unsinnig sind, sondern vielmehr wahr zu einem gewissen Grad und falsch zu einem gewissen Grad, wahr in gewissen Hinsichten und falsch in anderen.]

George LAKOFF 1972, S. 183

Eine andere Situation, die als Beispiel wahrheitskonditionaler Vagheit präsentiert worden ist, ist die Klassifikation der Farben. Wenn ein Gegenstand in Kontext a als rot klassifiziert wird, aber als nicht-rot in Kontext b, folgt dann nicht, daß das natürlichsprachliche Konzept rot vage sein muß? Denn wenn das Prädikat 'x ist rot' auf den Übergang von rot zu orange in einem Farbspektrum angewendet wird, entsteht eine ähnliche Situation wie bei der sich langsam schließenden Tür.

Wenn diese Analysen akzeptiert werden, dann muß die traditionelle zweiwertige (bivalente) Logik in eine mehrwertige Logik erweitert werden. Die nicht-bivalenten Logiken können in zwei Gruppen aufgeteilt werden, nämlich die dreiwertigen Logiken, in denen eine Proposition wahr (1), falsch (0) oder unbestimmt (#) sein kann, und die vielwertigen Logiken, in denen eine unendliche Anzahl von Wahrheitswerten mit den reellen Zahlen zwischen 0 und 1, also z.B. 0,615, identifiziert wird. Sowohl bei den dreiwertigen als auch bei den vielwertigen Logiken stellt sich das folgende Grundproblem:

Wie soll der Wahrheitswert komplexer Propositionen aus Teilen bestimmt werden, die keine bivalenten Wahrheitswerte haben?

Welchen Wert soll z.B. 'A & B' erhalten, wenn A den Wert 1 und B den Wert # hat? Entsprechend in einem vielwertigen System: Wenn A beispielsweise den Wert 0,615 und B den Wert 0,423 hat, was soll dann der Wert von 'A & B' sein?

Auf diese Fragen gibt es eine unübersehbare Fülle verschiedener Antworten. Laut Rescher 1969 sind bis dato 51 verschiedene Systeme mehrwertiger Logiken in der Literatur belegt. Aus einem wissenschaftsgeschichtlichen Blickpunkt ist diese Vielfalt von alternativen Lösungen ein klarer Fall der Syndrome *deskriptiver Aporie* und *Qual der Wahl*. Sie sind ein untrügliches Zeichen, daß die elementaren Prämissen eines Ansatzes grundsätzlich verfehlt sind.

In nicht-bivalenten Logiken liegt der Irrtum in der von Lakoff formulierte Prämisse, daß Propositionen doch offensichtlich nicht-bivalente Wahrheitswerte haben können. Wer diese Prämisse akzeptiert, begibt sich zwangsläufig auf die aussichtslosen Suche nach einer adäquaten allgemeinen Wahrheitswertzuweisung

bei komplexen Propositionen, also z.B. der Frage, welchen Wert die Proposition 'A & B' haben soll, wenn A beispielsweise den Wert 0,615 und B den Wert 0,423 hat.

Anstatt die Prämisse zu akzeptieren, sollten wir uns lieber fragen, woher Propositionen so merkwürdige Wahrheitswerte wie 0,615 überhaupt bekommen. Und damit sind wir wieder bei der Frage nach der zugrundegelegten Ontologie. Genauer gesagt: Wie wirkt sich der strukturelle Unterschied zwischen der [-Sinn, -konstruktiv]-Ontologie der logischen Semantik und [+Sinn, +konstruktiv]-Ontologie der SLIM-Sprachtheorie auf die formale Analyse der Vagheit aus?

Wir beginnen mit der Analyse eines Beispiels im Rahmen der [-Sinn, -konstruktiv]-Ontologie der logischen Semantik. Angenommen 'A & B' ist eine Proposition, wobei A = [Die Tür ist offen] und B = [Die Tür ist rot] ist. Außerdem soll A den Wahrheitswert 0,615 und B den Wahrheitswert 0,423 haben. Dann hat diese Proposition in diesem Rahmen die folgende semantische Struktur:

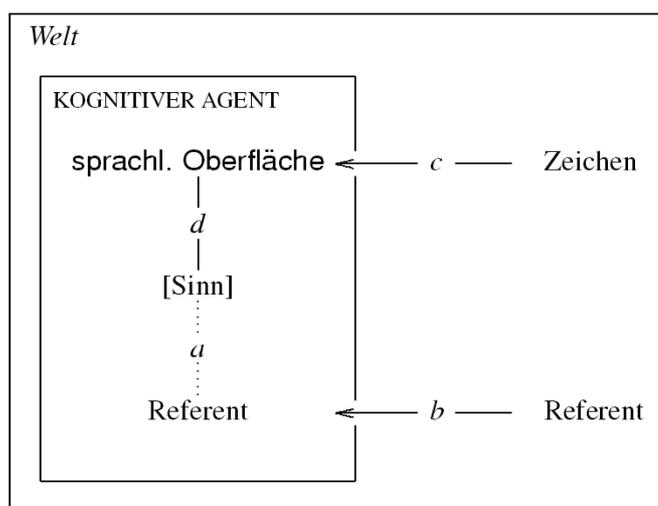
6.1 Vagheit in einer [-Sinn, -konstruktiv]-Semantik

<i>Welt</i>		
sprachliche Oberfläche:	[Die Tür ist offen]	und [die Tür ist rot]
Referenten:	0,615	0,423

In 6.1 werden den Propositionen A und B die Wahrheitswerte 0,615 und 0,423 als Referenzobjekte zugeordnet. Wie die Propositionen zu diesen Wahrheitswerten kommen, betrachtet man als etwas, das nicht im Zuständigkeitsbereich der logischen Theorie liegt. Stattdessen konzentriert sich das ganze Interesse auf die Frage, welchen Wahrheitswert die komplexe Proposition 'A & B' bekommen soll.

Ganz anders sieht die Analyse dieses Beispiels in einer [+Sinn, +konstruktiv]-Ontologie aus. Die Struktur dieser Ontologie weist vier verschiedene Stellen auf, aus denen das Phänomen der Vagheit hergeleitet werden kann.

6.2 Vagheit in einer [+Sinn, +konstr.]-Semantik



Die Stelle *d* entspricht der gepunkteten Linie in 6.1, weil hier die wahrheitskonditionalen Bedeutungseigenschaften der sprachlichen Oberflächen charakterisiert werden. Die Stellen *a*, *b* und *c* sind aufgrund der geänderten Ontologie neu hinzugekommen und haben im Unterschied zu *d* gemeinsam, daß sie Schnittstellen darstellen, die auf einer Abpassungsprozedur beruhen.

Im Rahmen der [+Sinn, +konstruktiv]-Ontologie ist die Stelle *a* am naheliegendsten für eine Behandlung der Vagheit. Denn dort wird eine sprachliche Bedeutung, z. B. das Konzept von rot, auf eine stark eingeschränkte Menge potentieller kontextueller Referenten abgepaßt. Dieser Abpassungsprozeß beruht auf dem pragmatischen Prinzip des *best match*.

So kann man beispielsweise mit dem Wort rot auf einen grau-rosa Stein referieren, wenn die anderen Steine im Verwendungskontext alle grau sind. Wird nun zusätzlich ein knallroter Stein in den Verwendungskontext gelegt, verändert sich der Kandidat für *best match* und der grau-rosa Stein ist im weiteren Verlauf des Dialogs zu den 'nicht-roten' Gegenständen zu rechnen. Dies liegt nicht an spezi-

ellen Eigenschaften des Farbkonzepts, sondern nur an einer Veränderung des Verwendungskontexts – und mit ihm des Kandidaten für *best match*.

Ein zweiter und dritter Aspekt der Vagheit kann an den Stellen *b* und *c* in 6.2 entstehen, und zwar aufgrund von Schwierigkeiten bei der Wahrnehmung. Bei der Stelle *b* ist es eine ungenaue Wahrnehmung des Kontexts. Bei Stelle *c* ist es dagegen eine ungenaues Hören oder Aussprechen. In beiden Fällen leiten sich Aspekte der Vagheit aus Problemen bei der Interaktion des kognitiven Agenten mit seiner Umwelt her, die aber in der sprachlichen Kommunikation auch auf den pragmatischen Prozeß *a* auswirken.

Somit folgt die vermeintliche Vagheit der Farbwörter nicht aus der Semantik ihrer Konzepte. Sie ist vielmehr ein Ergebnis der internen Abpassungsprozedur zwischen einem M-Konzept und kontextuellen Referenten (I-Konzepte_{loc}) im Rahmen der Pragmatik, insbesondere dem pragmatischen Prinzip des *best match* in der Situation eines eingeschränkten Teilkontexts. Diese Analyse der Semantik und Pragmatik der Farbwörter kann problemlos in der Konstruktion eines entsprechenden Roboters operational realisiert werden, wobei M-Konzepte wie rot als elektromagnetische Frequenzintervalle definiert werden.

7 Absolute und kontingente Wahrheit

In der Logik steht der Begriff der ‘Aussage’ für Sätze, bei deren semantischer Interpretation die konkreten Umstände der Äußerung möglichst vernachlässigt werden. Aus Sicht der natürlichen Sprachen ist dieser Begriff problematisch, weil er eine Zwitterstellung zwischen den Begriffen der *Äußerung* (pragmatisch interpretiertes oder interpretierbares Token) und des *Ausdrucks* (pragmatisch uninterpretierter Type) einnimmt. Diese Problematik tritt bei einer Betrachtung der traditionellen Unterscheidung zwischen absoluten und kontingenten Aussagen deutlich zutage.

Absolute Aussagen beziehen sich auf wissenschaftliche und mathematisch-logische Inhalte. Zum Beispiel haben bei der Aussage

Im rechtwinkligen Dreieck gilt für die Hypotenuse A und die Katheten B und C, daß $A^2 = B^2 + C^2$

die Umstände der Äußerung keinen Einfluß auf die Interpretation und den Wahrheitswert des in ihr verwendeten Satzes, weshalb sie vernachlässigt werden. Diesen speziellen Eigenschaften absoluter Aussagen entspricht der logische Wahrheitsbegriff. Er drückt sich darin aus, daß die metasprachlichen Wörter falsch

und wahr auf die mengentheoretischen Objekte \emptyset und $\{\emptyset\}$ der Modellstruktur referieren.

Kontingente Aussagen basieren dagegen auf alltäglicheren Sätzen, wie z.B.

Deinem Hund geht es gut.

Kontingente Aussagen können nur sinnvoll interpretiert – und dabei bzgl. ihres Wahrheitswerts geprüft – werden, wenn die relevanten Umstände der Äußerung bekannt sind und systematisch in den formalen Interpretationsprozeß eingebracht werden. Dies erfordert, daß die Parameter des Zeichenursprungs bekannt sind, also der Ort S, die Zeit T, die Person des Sprechers A und die Person des Adressaten R.

Den speziellen Eigenschaften der kontingenten Aussagen entspricht der natürliche Wahrheitsbegriff, im folgenden repräsentiert durch die Wahrheitswerte wahr^k und falsch^k. Intuitiv hat eine kontingente Aussage wie

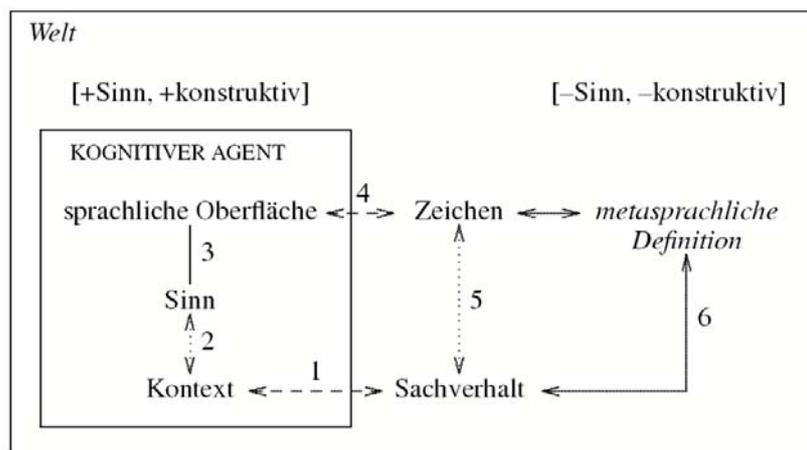
Die Perser haben die Schlacht verloren

z.B. den Wert wahr^k, wenn der Sprecher als Augenzeuge den Sachverhalt korrekt beurteilt und kommuniziert, oder wenn eine korrekt funktionierende Mitteilungskette zwischen dem Sprecher und einem zuverlässigen Augenzeugen existiert.

Die natürlichen Wahrheitswerte wahr^k und falsch^k haben eine prozedurale Definition: Die 'Aussage', oder – korrekt – die Äußerung, eines kognitiven Agenten erhält den Wert wahr^k, wenn alle an dem Kommunikationsvorgang beteiligten Prozesse korrekt funktionieren, und sonst den Wert falsch^k.

Die unterschiedlichen Wahrheitsbegriffe der natürlichen und der logischen Semantik leiten sich aus den strukturellen Unterschieden zwischen der [+Sinn, +konstruktiv]- und der [-Sinn, -konstruktiv]-Ontologie her, auf der sie jeweils beruhen.

7.1 Grundlagen von natürlicher und logischer Wahrheit



In beiden Systemen ist die Beziehung 5 zwischen dem externen sprachlichen Zeichen (Satz) und dem realen Sachverhalt entscheidend für die Wahrheit einer Aussage. Allerdings wird die Beziehung 5 von den beiden Ontologien sowohl methodisch als auch konzeptionell vollkommen unterschiedlich realisiert.

Ein [-Sinn, -konstruktiv]-System definiert die Beziehung 5 direkt mit Hilfe einer geeigneten Metasprache 6. Die Analyse liegt beim Logiker, der sich – im Einklang mit seinen ontologischen Voraussetzungen – allein auf die Wahrheitsbeziehung zwischen Aussage (bzw. Sprachzeichen) und Sachverhalt beschränkt, wobei er von allen Strukturaspekten der Kommunikation abstrahiert. Das logische Modell und die regelbasierte Interpretation des Zeichens vollzieht formal nach, was von vornherein als offensichtlich vorausgesetzt wird. Das System hat die explizite Ableitung von Wahrheitswerten als Ziel.

Bei einem [+Sinn, +konstruktiv]-System ist dagegen eine reale Handlungsumgebung vorgegeben. Sie wird vom kognitiven Agenten in bestimmten Teilaspekten automatisch analysiert, wobei eine entsprechende interne Kontextrepräsentation aufgebaut wird. Die Beziehung 5 zwischen sprachlichen Oberflächen und externen Sachverhalten wird hier also indirekt über kognitive Prozesse eta-

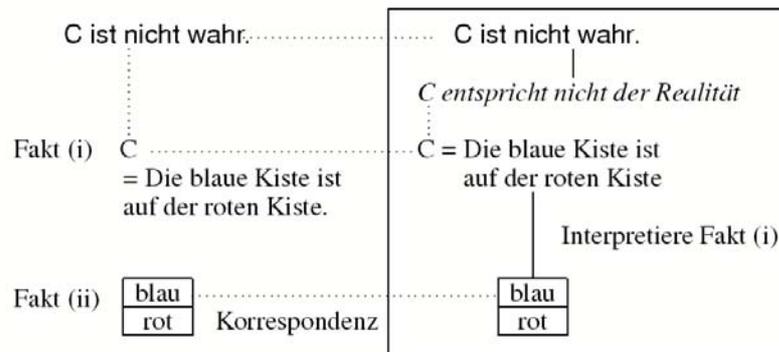
bliert, die sich aus den Komponenten 1 (nicht-verbale Erkennung/Handlung), 2 (pragmatische Interpretation), 3 (semantische Interpretation) und 4 (verbale Erkennung/Handlung) zusammensetzen. Das System hat die natürliche Kommunikation von kontextuellen Inhalten als Ziel.

8 Epimenides in einem [+Sinn,+konstruktiv]-System

Die natürlichen Wahrheitswerte wahr^k und falsch^k ermöglichen eine Reanalyse des Epimenides-Paradoxons. Sie erlaubt es, daß Objektsprachen die Wörter wahr und falsch enthalten können, ohne daß ihre Semantik deshalb inkonsistent wird.

Als Vorbereitung interpretieren wir zunächst eine gutartige Verwendung des Ausdrucks C ist nicht ein wahrer Satz. Dieser Ausdruck, den Tarski zur Ableitung des Epimenides-Paradoxons verwendet, besteht aus einer sprachlichen Abkürzung, C, und einer negativen Wahrheitsaussage. Seine legitime Verwendung im Rahmen eines [+Sinn, +konstruktiv]-Systems basiert auf der folgenden Struktur.

8.1 Gutartiger Fall einer Linguistischen Abkürzung



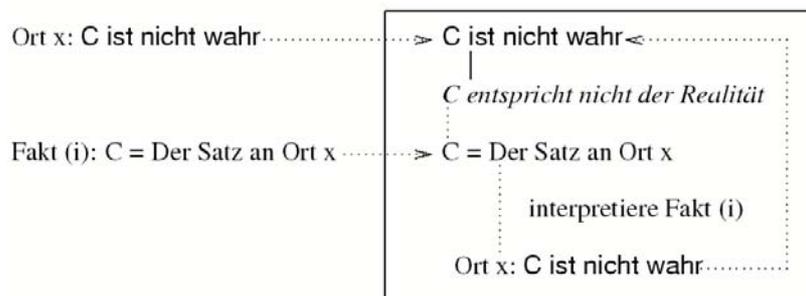
C dient als Abkürzung für Die blaue Kiste ist auf der roten Kiste. Die Abkürzung ist als Fakt (i) in der externen Handlungsumgebung dargestellt. Außerdem enthält sie als Fakt (ii) den Sachverhalt, den der mit C abgekürzte Satz beschreibt.

Wenn ein [+Sinn,+konstruktiv]-System, z.B. CURIOUS, den Ausdruck C ist nicht (ein) wahr(er Satz) im Hörer-Modus verarbeitet, ordnet seine semantische Interpretationsprozedur der Oberfläche eine Meaning_1 (wörtliche Zeichenbedeutung) zu, die als *C entspricht nicht der Realität* paraphrasiert werden kann. Dieser Meaning_1 versucht die pragmatische Interpretationsprozedur eine entsprechende Kontextstruktur zuzuordnen.

Dabei stellt sich heraus, daß C über Fakt (i) als Abkürzung des Satzes Die blaue Kiste ist auf der roten Kiste definiert ist. Den verbleibenden Teil des Eingabesatzes, ist nicht wahr, verarbeitet die pragmatische Komponente, indem sie überprüft, ob der Inhalt der langen Version von C mit der Realität übereinstimmt. Der Meaning_1 von Die blaue Kiste ist auf der roten Kiste wird also die entsprechende kontextuelle Repräsentation der externen Handlungsumgebung, nämlich Fakt (ii), zugeordnet, wobei sich herausstellt, daß sie übereinstimmen. Somit hat die ursprüngliche Eingabe C ist nicht wahr den Wahrheitswert falsch^k. Es gibt beliebig viele Beispiele von linguistischen Abkürzungen in Kombination mit natürlichen Wahrheitsprädikaten, die ebenso gutartig wie normal sind.

Ein Spezialfall einer sprachbasierten Abkürzung ist das Epimenides-Paradox. Seine [+Sinn,+konstruktiv]-Reanalyse hat die folgende Struktur.

8.2 Rekonstruktion des Epimenides-Paradoxons



An einem deutlich gekennzeichneten Ort x liest der Roboter C *ist nicht* (ein) wahr(er Satz), was semantisch als C *entspricht nicht der Realität* repräsentiert wird. Wie in 8.1 versucht die Pragmatik, dieser semantischen Repräsentation eine entsprechende Kontextstruktur zuzuordnen.

Unter Berücksichtigung von Fakt (i) stellt sich heraus, daß C als Abkürzung von *Der Satz an Ort x* definiert ist. Den verbleibenden Teil des Eingabesatzes, *ist nicht wahr*, verarbeitet die pragmatische Komponente, indem sie überprüft, ob der Inhalt dessen, was C abkürzt, mit der Realität übereinstimmt. Der $Meaning_1$ von *Der Satz an Ort x* wird also die entsprechende kontextuelle Repräsentation der externen Handlungsumgebung zugeordnet. Im Unterschied zu 8.1, wo die $Meaning_1$ von *Die blaue Kiste ist auf der roten Kiste* auf den nicht-sprachlichen Fakt (ii) abgepaßt wird, verweist in 8.2 die $Meaning_1$ von *Der Satz an Ort x* auf das sprachliche Referenzobjekt (Zeichen) C *ist nicht wahr*.

An diesem Punkt kann das Referenzobjekt C *ist nicht wahr* von der Pragmatik als uninterpretiertes oder als interpretiertes Zeichen behandelt werden. Eine Behandlung als uninterpretiertes Zeichen wäre zum Beispiel pragmatisch sinnvoll in der Kombination mit *ist in Sans-Serif gedruckt*. In 8.2 würde eine Behandlung als uninterpretiertes Zeichen jedoch keinen Sinn machen. Vielmehr besteht die nun scheinbar naheliegenste Aktion darin, das Zeichen zu interpretieren – womit die semantisch-pragmatische Interpretationsprozedur wieder von vorne beginnt.

Somit kann ein [+Sinn,+konstruktiv]-System, das durch die äußeren Umstände in die spezielle Situation des Epimenides-Paradoxons gebracht wird, ohne zusätzliche Annahmen in einen blinden Kreislauf geraten und dort verharren. Wie in 8.2 schematisch dargestellt, kann das C in C *ist nicht wahr* immer wieder mit dem entsprechenden Satz an Ort x gleichgesetzt werden.

Unsere ontologisch basierte Reanalyse des Epimenides-Paradox resultiert nicht in seiner Auflösung, sondern in seiner Verwandlung. Was in Tarskis [-Sinn, -konstruktiv]-System ein logischer Widerspruch auf der semantischen Ebene ist, wird in der [+Sinn, +konstruktiv]-Reanalyse der SLIM-Sprachtheorie zu einer infiniten Rekursion der semantisch-pragmatischen Interpretation. Diese Reanalyse entschärft das Epimenides-Paradox sowohl semantisch als auch kommunikationstheoretisch:

- In einem [+Sinn,+konstruktiv]-System können die Wörter *wahr^k* und *falsch^k* in der zu interpretierenden Objektsprache enthalten sein, ohne daß deshalb in der Semantik der Objektsprache ein logischer Widerspruch auftritt.

- Die Rekursion, die das Epimenides-Paradox in seiner [+Sinn,+konstruktiv]-Analyse verursacht, kann in der Pragmatik erkannt und als scheiternder Interpretationsversuch²¹ entsorgt werden, ohne daß dadurch die kommunikative Funktionsfähigkeit des Systems beeinträchtigt würde.

Die Reanalyse vermeidet den Tarskischen Widerspruch in der Semantik, weil die Metasprache zwischen (i) den logischen Wahrheitswerten 1 und 0 aus der T-Bedingung, (ii) den natürlichen Wahrheitswerten wahr^k und falsch^k aus dem objektsprachlichen Satz C sowie (iii) deren prozeduralen metasprachlichen Korrelaten *entspricht (nicht) der Realität* unterscheidet. Wenn wir z. B. annehmen, daß CURIOUS eine logische Semantik wie die Montague-Grammatik verwenden würde, dann würde seine [+Sinn, +konstruktiv]-Interpretation des Epimenides-Paradoxons nicht in dem Tarskischen Widerspruch

- a. C ist 1 dann und nur dann, wenn C nicht 1 ist.

resultieren, sondern stattdessen in der kontingenten Formulierung

- b. C ist 1 dann und nur dann, wenn C nicht der Realität entspricht.

Im Gegensatz zu a weist b keinen logischen Widerspruch auf.

Für die Semantik der natürlichen Sprachen ist die Reanalyse des Epimenides-Paradox (kontingente Formulierung b) von großer Bedeutung: Indem sie den Tarskischen Widerspruch vermeidet, öffnet sie den Weg für eine *vollständige* formale Semantik der natürlichen Sprachen – also eine Semantik, die nicht von vornherein bestimmte Sätze ausschließen muß (weil sie die Wörter wahr oder falsch enthalten).

Für den Versuch einer logischen Semantik der natürlichen Sprachen ist diese Reanalyse dagegen kein Gewinn. Denn die natürlichen Wahrheitswerte wahr^k und falsch^k – die für die Vermeidung des Tarskischen Widerspruchs benötigt werden – können nur im Rahmen einer [+Sinn, +konstruktiv]-Ontologie konzeptionell motiviert und prozedural implementiert werden.

9 Wahrheit in den natürlichen Sprachen

Die Verwendung verschiedener Wahrheitsbegriffe für absolute und kontingente Äußerungen (‘Aussagen’) wäre aus logischer und linguistischer Sicht gleichermaßen suboptimal. Das Ziel ist vielmehr ein Gesamtsystem, dessen einheitliche Semantik in der Lage ist, beliebige Äußerungen (‘Aussagen’) der Form C ist

wahr korrekt zu interpretieren, unabhängig davon, ob es sich bei C um einen kontingenten oder einen absoluten Teilsatz handelt.

Eine naheliegende Methode, die Semantik absoluter und kontingenter Sätze zu vereinheitlichen, besteht darin, den einen Äußerungstyp ('Aussagetyp') als Spezialfall des anderen zu analysieren. Für den [-Sinn,-konstruktiv]-Ansatz wäre es daher wünschenswert, wenn die auf absolute Äußerungen ('Aussagen') ausgerichtete logische Semantik auf eine allgemeine Behandlung kontingenter Äußerungen ausgedehnt werden könnte. Umgekehrt wäre es für den [+Sinn,+konstruktiv]-Ansatz wünschenswert, wenn die auf kontingente Äußerungen ausgerichtete natürliche Semantik eine Behandlung absoluter Sätze als Spezialfall kontingenter Sätze erlaubt.

In der logischen Semantik kann die Behandlung der absoluten Äußerungen zwar in vielen Fällen auf eine Behandlung der kontingenten Äußerungen ausgedehnt werden – wie dies die modelltheoretische Analyse des Englischen bei Montague illustriert. Erstens zeigt jedoch das Beispiel der propositionalen Einstellungen (Sektion 4), daß eine befriedigende semantische Interpretation – also eine auch ontologisch vertretbare Zuordnung der logischen Wahrheitswerte 1 oder 0 – *nicht immer* möglich ist. Zweitens ist laut Tarski die Interpretation von objektsprachlichen Sätzen der Form C ist (nicht) wahr in der logischen Semantik ohnehin verboten. Aus diesen beiden Gründen ist eine generelle Analyse der kontingenten Äußerungen als Sonderfall der absoluten Äußerungen im Rahmen der logischen Semantik grundsätzlich ausgeschlossen.

In der natürlichen Semantik sind absolute Äußerungen dagegen nur insofern speziell, als sie (i) aufgrund ihres Inhalts unabhängig von der Kenntnis ihrer Ursprungsparameter interpretiert werden können und (ii) die kognitive Verantwortung für den Inhalt vom Sprecher auf die Gesellschaft und ihr historisch gewachsenes Weltbild übertragen wird. Somit hat z.B. eine absolute Äußerung wie Wasser hat die chemische Formel H_2O hat den Wert wahr^k, wenn eine korrekt funktionierende Mitteilungskette zwischen dem Sprecher und den in der Sprachgemeinschaft zuständigen Spezialisten existiert.²² Die wahren Sätze absoluter naturwissenschaftlicher und logisch-mathematischer Systeme werden also kontingent rekonstruiert, indem sie als kognitive Leistung der zugehörigen menschlichen – und somit fehlbaren – Gemeinschaft interpretiert werden.

Aus dieser anthropologischen Sicht der Wissenschaftsgeschichte ist es normal, wenn absolute Äußerungen zu einer bestimmten Zeit aufgrund der Expertenmehrheit als wahr^k gelten, sich aber später als falsch^k herausstellen. Für derartige Irr-

tümer gibt es in der Wissenschaftsgeschichte zahlreiche Beispiele, z.B. Feuer beruht auf der materiellen Substanz des Phlogiston.

Anmerkungen

¹ Tarski 1944 beklagt sich über diese Mißverständnisse und widmet die zweite Hälfte des Aufsatzes einer detaillierten Kritik seiner Kritiker.

² Weil die Semantik der Programmiersprachen prozedural (d.h. metasprachunabhängig), die Semantik der Logiksprachen dagegen Tarskisch (d.h. metasprachabhängig) ist, erweist sich die Nachbildung logischer Kalküle auf dem Computer als bestenfalls schwierig – wie dies z.B. die programmiertechnische Realisierung des Prädikatenkalküls in der Form von Prolog illustriert.

³ Eine genauere Analyse der schwachen Variante(n) gibt C. Thiel, 1995, S. 325–7.

⁴ Die Seite und die Zeilennummer sind von Tarskis Originaltext auf die hiesige Umgebung angepaßt worden. Diese Anpassung ist eine notwendige Voraussetzung dafür, daß die Selbstreferenz in der beabsichtigten Weise funktionieren kann.

⁵ "[N]o rational ground can be given why substitution should be forbidden in general."

⁶ Dies folgt aus der Rolle der natürlichen Sprachen als prätheoretische Metasprache der logischen Sprachen. Ohne die Wörter *wahr* und *falsch* in den natürlichen Sprachen könnte eine logische Semantik gar nicht definiert werden.

⁷ S. 188 in Montague 1974.

⁸ Als Vorschlag zur Güte meint Davidson, man könne sich doch darauf beschränken, nur möglichst große konsistente Teile in den natürlichen Sprachen zu interpretieren. Damit ist aber das Projekt einer logisch-semantischen Interpretation der natürlichen Sprachen als ganzes gescheitert.

Versuche, das Epimenides-Paradox in der logischen Semantik zu vermeiden, sind Kripke 1975, Gupta 1982 und Herzberger 1982. Diese Systeme definieren jeweils eine künstliche Objektsprache (Prädikatenkalkül erster Stufe) mit Wahrheitsprädikaten. Daß diese Objektsprachen dennoch konsistent sind, beruht auf der Definition der Wahrheitsprädikate als *rekursive Valuationsschemata*.

Rekursive Valuationsschemata basieren auf einer großen Anzahl von Valuationen (transfinit im Fall von Kripke 1975) – was an sich schon eine klare Verletzung der metasprachlichen Methode konstituiert. Hinzu kommt, daß rekursive Valuationsschemata den inhaltlichen Problempunkt des Epimenides-Paradoxes, verfehlen. Es handelt sich nämlich um ein Problem der Referenz: ein Symbol kann aufgrund seiner Bedeutung referieren und gleichzeitig aufgrund seiner Form (Oberfläche) als Referent dienen.

⁹ Rein formal könnte man zu diesem Zweck einen ‘Glaubensoperator’ G wie folgt definieren:

$G(x, p)^{M,i,j,g}$ ist 1 d.u.n.d., wenn $p^{M,b,j,g}$ 1 ist, wobei b eine Glaubenswelt von x am Index i,j ist.

Man sollte sich von der scheinbar anspruchsvollen Formalisierung, die sich notationell an Montagues PTQ hält, nicht täuschen lassen, denn als metasprachliche Definition ist diese T-Bedingung genauso inhaltsleer wie 2.1, solange die Verifikation relativ zu Glaubenswelten ungeklärt ist.

¹⁰ Wie Glaubensvorstellungen sind auch Empfindungen in der logischen Semantik ontologisch problematisch. In der sogenannten *double aspect theory* wird versucht, einen Begriff wie z.B. Schmerz, der im Gegensatz zu realen Dingen nicht in der Welt existiert, sondern auf die Empfindung einzelner Individuen beschränkt ist, durch das Messen von Gehirnströmen wahrheitskonditional zu objektivieren. Indem man dem Phänomen ‘Schmerz’ die beiden (*double*) Aspekte (i) Gefühl und (ii) korrespondierende Meßwerte zuordnet, soll dieses Phänomen ontologisch in einer Weise untermauert werden, die für die logische Semantik akzeptabel ist. Eine Übertragung dieses Ansatzes auf eine wahrheitskonditionale Analyse des *Glaubens* würde unfehlbare Lügendetektoren voraussetzen.

¹¹ Nach der noch immer gängigen – aber aus Sicht der heutigen Naturwissenschaften vollkommen überholten – Auffassung in der philosophischen Logik macht es die Darstellung wissenschaftlicher Wahrheit nicht erforderlich, den oder die Sprecher/Hörer in die Modellierung mit aufzunehmen. Der gelegentliche ‘Einbau’ von Sprecher/Hörern in die modelltheoretische Logik dient allein der Behandlung spezieller natürlich-sprachlicher Phänomene, insbesondere der Interpretation indexikalischer Pronomina wie *ich* und *du*. Dabei ist der Sprecher/Hörer grundsätzlich Teil der Modellstruktur – was eine wahrheitstheoretisch adäquate Behandlung der propositionalen Einstellungen aufgrund der dargestellten Schwierigkeiten ausschließt. Eine gut lesbare kritische Darstellung der veralteten *received view* in der Wissenschaftstheorie und ihrer Alternativen findet sich in F. Suppe 1977.

¹² Aus der Mathematik sind zwar Beispiele bekannt, wo eine formale Theorie verschiedene Interpretationen erlaubt, z.B. in der Geometrie. Dies bedeutet jedoch nicht, daß jede formale Theorie für jede gewünschte Interpretation verwendet werden kann. Speziell die logische Semantik ist ein Fall, wo der Formalismus nicht gleichzeitig für eine allgemeine Beschreibung der Wahrheit und der Bedeutung geeignet ist – wie das Phänomen der propositionalen Einstellungen zeigt.

¹³ In dem Sinn, daß sprachliche Aussagen automatisch in korrespondierende mechanische oder elektronische Operationen umgesetzt werden.

¹⁴ Die intensionale Logik von Carnap und Montague ist [-Sinn] weil sprachliche Ausdrücke dort auf die ‘Welt’ (Modellstruktur) referieren. Abgesehen von der Definition

von einigen zusätzlichen Operatoren, besteht der einzige Unterschied zwischen einer intensionalen und einer entsprechenden extensionalen Logik darin, daß in der intensionalen Logik die Welt nicht als ein Modell, sondern als eine Modellstruktur definiert wird. Die Modellstruktur repräsentiert die verschiedenen Zustände der Welt über eine Vielzahl von Modellen mit verschiedenen Indizes. Diese Indizes dienen als Domäne für Funktionen, die Carnap 'Intensionen' nennt.

- ¹⁵ In diesem Sinne verwehrt sich Frege ausdrücklich gegen eine Interpretation seines Systems als Darstellung kognitiver Zustände, die er als 'psychologisch' bezeichnet. In neuerer Zeit wurde in der 'Situationssemantik' (Barwise & Perry 1983) und der 'Diskurssemantik' (Kamp & Reyle 1993) versucht, den Typ der [+Sinn, -konstruktiv]-Semantik wiederzubeleben. Seine inhärent antikognitive Sichtweise wird bei Barwise & Perry 1983 durch Diagramme (op.cit., S. 226) unmißverständlich verdeutlicht.
- ¹⁶ "[...] in an unnecessary and unparsimonious multiplication of hypothetical entities that has no evidential support."
- ¹⁷ Beispiele sind das Schachspiel (Newell & Simon, Reddy et al.) und die Blockswelt (Winograd).
- ¹⁸ Das Akronym SLIM steht für *Surface compositional Linear Internal Matching*.
- ¹⁹ Dies wird formal in der Definition der Mengen A, I und J einer Modellstruktur *MS* festgelegt.
- ²⁰ Dies wird formal in der Denotationsfunktion F einer Modellstruktur *MS* definiert.
- ²¹ Für die pragmatische Interpretation gilt ganz allgemein, daß eine ständige Wiederholung in der Analyse ein und desselben kontextuellen Objekts zu vermeiden ist – zum Beispiel mit Hilfe eines Zählers. Auf diese Weise wird auch die durch das Epimenides-Paradox verursachte Rekursion erkannt, was dazu führt, daß der Analyseversuch als uninterpretierbar abgebrochen wird. Abgebrochene Interpretationsversuche gehören in der Pragmatik zum Alltag und werden durch den systematischen Einsatz alternativer Interpretationsschemata sowie kommunikativer Strategien wie z.B. Rückfragen überwunden.
- ²² Das Konzept der 'kausalen Kette' von einem Sprecher zum nächsten, besonders bei der Referenz der Eigennamen und natürlichen Klassen, betont Kripke 1972. Die zentrale Rolle der 'Spezialisten' für die wissenschaftliche Spezifikation bestimmter Bedeutungen in der Gesellschaft – z.B. Wasser als H₂O – wird besonders von Putnam 1975a hervorgehoben, allerdings mit der absurden Folgerung, *that meanings just ain't in the head* (op.cit., S.227).
Bedeutung im Sinn von Referenzetablierung wird von diesen Autoren als Voraussetzung für die Fundierung der Wahrheit untersucht. Leider übersehen sie dabei aber

die notwendigen Unterscheidungen zwischen (i) logischer und natürlicher Semantik, zwischen (ii) [-Sinn,-konstruktiv]- und [+Sinn,+konstruktiv]-Ontologie, und zwischen (iii) absoluter und kontingenter Wahrheit.

Bibliographie

- Anderson, J.R. und G.H. Bower (1973) *Human Associative Memory*. V.H. Winston, Washington, D.C.
- Barwise, J. und J. Perry (1983) *Situations and Attitudes*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Davidson, D. (1967) "Truth and Meaning," *Synthese*, VII:304–323.
- Davidson, D. und G. Harman (Hg.) (1972) *Semantics of Natural Language*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland.
- Frege, G. (1967) *Kleine Schriften*, hrsg. von Ignacio Angelelli, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt. Gupta, A. (1982) "Truth and Paradox," *Journal of Philosophical Logic*, 11:1–60.
- Hausser, R. (1989) *Computation of Language, An Essay on Syntax, Semantics and Pragmatics in Natural Man-Machine Communication*, Symbolic Computation: Artificial Intelligence, Springer-Verlag, Berlin–New York.
- Hausser, R. (1992) "Complexity in Left-Associative Grammar," *Theoretical Computer Science*, Vol. 103, Elsevier.
- Hausser, R. (1996) "A Database Interpretation of Natural Language," *Korean Journal of Linguistics*, Vol. 21, No. 1,2:29–55. Hausser, R. (1999) *Foundations of Computational Linguistics, Man-machine communication in natural language*, Springer-Verlag, Berlin–New York.
- Herzberger, H. (1982) "Notes on Naive Semantics," *Journal of Philosophical Logic*, 11:61–102.
- Johnson-Laird, P.N. (1983) *Mental Models*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Kamp, J.A.W. und U. Reyle (1993) *From Discourse to Logic*, Part 1 und 2, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Kripke, S. (1972) "Naming and Necessity," in Davidson und Harman (Hg.), p.253–355.
- Kripke, S. (1975) "Outline of a theory of truth," *The Journal of Philosophy*, 72:690–715.

- Lakoff, G. (1972) "Linguistics and natural logic," in Davidson, D. und G. Harman (Hg.), p. 545–665.
- Montague, R. (1974) *Formal Philosophy*, Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Pascal, B. (1951) *Pensées sur la Religion et sur quelque autre sujets*, éditions Du Luxembourg, Paris.
- Putnam, H. (1975a) "The meaning of 'meaning'," reprinted in Putnam 1975b, p. 215–271.
- Putnam, H. (1975b) *Mind, Language, and Reality 2*. Cambridge University Press.
- Quine, W.v.O. (1960) *Word and Object*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Reddy, D.R., L.D. Erman, R.D. Fennell, und R.B. Neely (1973) "The Hearsay Speech Understanding System: An Example of the Recognition Process," *Proceedings of the Third International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Stanford, California.
- Rescher, N. (1969) *Many-valued Logic*. McGraw-Hill, New York.
- Schank, R.C. und R. Abelson (1977) *Scripts, Plans, Goals, and Understanding*. Lawrence Earlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Scott, D. und C. Strachey (1971) "Toward a Mathematical Semantics of Computer Languages," Technical Monograph PRG-6, Oxford University Computing Laboratory, Programming Research Group, 45 Branbury Road, Oxford.
- Suppe, F. (Hg.) (1977) *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press.
- Tarski, A. (1935) „Der Wahrheitsbegriff in den Formalisierten Sprachen," *Studia Philosophica*, Vol. I, 262–405.
- Tarski, A. (1944) "The Semantic Concept of Truth," *Philosophy and Phenomenological Research* 4:341–375.
- Thiel, C. (1995) *Philosophie und Mathematik*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Winograd, T. (1972) *Understanding Natural Language*, Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, San Diego, New York.
- Weyhrauch, R. (1980) "Prolegomena to a Formal Theory of Mechanical Reasoning," *Artificial Intelligence*. Reprinted in Webber und Nilsson (eds.) 1981.