

Wissenserwerb aus natürlichsprachlichen Texten.

Zur Interdisziplinarität eines computerlinguistischen
Forschungsprogramms*.

Burghard Rieger

FB II: Linguistische Datenverarbeitung/Computerlinguistik
Universität Trier

15. Juni 1989

Einleitung

Jüngste Fortschritte, die sich im Schnittbereich von Forschungsaktivitäten in der kognitiven Psychologie, der künstlichen Intelligenz, der Computerlinguistik und der Semantiktheorie abzuzeichnen beginnen, deuten auf eine zunehmend fruchtbare Verbindung unterschiedlicher Ansätze hin, welche sich insbesondere in der Modellierung konzeptueller Strukturen im Gedächtnis, der Wissensrepräsentation in sogenannten intelligenten Systemen der künstlichen Intelligenz (KI-)Forschung und der linguistischen (Wort-)Semantik ergeben. Obwohl die auf diesem Gebiet tätigen Wissenschaftler deutlich machen, daß unser Wissen über die vielfältigen und höchst komplexen intellektuellen Aktivitäten, die unter der Bezeichnung *Kognition* zusammengefaßt werden, noch mehr als lückenhaft ist, scheint inzwischen absehbar, daß sich die verstärkten Forschungsaktivitäten gerade für solche Disziplinen als fruchtbar erweisen werden, die in direkter oder indirekter Weise mit dem Problem des *Sprachverstehens* und seiner Modellierung bzw. Simulation auf Computern befaßt sind.

Im Zusammenhang der Entwicklung *sprachverstehender Systeme* und neuer Kommunikationstechnologien sowie im Hinblick auf die Folgen, die mit ihnen in einer Informationsgesellschaft verbundenen sein können, wird aber die Notwendigkeit übergreifender Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen besonders

*Erschienen in: Kühlwein, W./Raasch, A. (Hrsg.): Angewandte Linguistik heute. [*forum Angewandte Linguistik* Bd. 20], Frankfurt/Bern/New York/Paris (Lang) 1990, S. 101–124.

deutlich: denn gerade im Anwendungsfall, durch den die Resultate wissenschaftlicher Grundlagenforschung in die Praxis umgesetzt werden und über verschiedene Modifikationen zur Entwicklung und Produktion von zum Teil massenhaft genutzten Gebrauchsgütern führen, wird eine Abschätzung nicht nur der erwarteten Vor- sondern auch der potentiellen Nachteile solcher Technologien und ihrer Konsequenzen zu einer unabweisbaren Aufgabe. Sie sollte möglichst frühzeitig und nach den verfügbaren Informationen auch verlässlich von den wissenschaftlichen Disziplinen selbst angegangen werden. Für die *Kognitionstheorie* und angewandte *Kognitionswissenschaft*, die sich im Konvergenzbereich der durch Erkenntnisinteresse, Forschungsgegenstand oder Untersuchungsmethode miteinander verbundenen Grundlagen- und Anwendungsforschung der einschlägigen, dem *Verstehen natürlicher Sprache* und der *Verarbeitung von Wissen* gewidmeten Disziplinen etabliert, bildet Interdisziplinarität zugleich Voraussetzung und Resultat der bisherigen Entwicklung wie der künftigen Aufgabenstellungen.

1 Sprache und Systemsituation

1.1 Das gesamte vermittelbare Wissen unserer Zeit ist (oder könnte doch) in Texten aufbewahrt oder wiedergegeben werden. Seit ihrer schriftsprachlichen Fixierung und insbesondere seit der Entwicklung und Vervollkommnung der drucktechnischen Möglichkeiten hat sich die natürliche Sprache als das universelle Repräsentationsmedium erwiesen. Es ist den rein abbildenden (auch neueren) Formen bloßer klanglicher und/oder visueller Darstellung durch seine vergleichsweise hohe semiotische Abstraktheit überlegen: *Sprache* konnte und kann nicht nur den unterschiedlichsten Aufgaben entsprechen, die eine gleichermaßen auf Generalisierung wie Spezifizierung ausgerichtete, umfassende Informations- und Wissensvermittlung stellt; *Sprache* erwies und erweist sich darüber hinaus auch als ein überaus flexibles und anpassungsfähiges Medium sehr grundlegender, zudem veränderbarer Strukturierungen von Welt und Wirklichkeit (oder Ausschnitten daraus), dessen sich der Mensch zur Orientierung wie zum Überleben bisher sehr erfolgreich bediente.

Im Licht der Theorie informationsverarbeitender Systeme wird die Bedeutung des Sprachvermögens als Teil der kognitiven Leistungen des Menschen erkennbar. Der Beitrag, den die Sprachkompetenz eines (natürlichen wie künstlichen) kognitiven Systems bei dessen Verarbeitung der Umgebungsinformationen liefert, ist kaum zu überschätzen. Im Vergleich zu anderen kognitiven Systemen, mit denen der Mensch als Lebewesen konkurriert, zeigt sich, daß die menschliche Überlegenheit bei der Erfüllung von Ausgleichs- und Anpassungsfunktionen zur Systemstabilisierung und -erhaltung vornehmlich in solchen Bereichen liegt, die mit der Verarbeitung von Wissen, seinem beschleunigten Erwerb, seiner besonderen Repräsentation und seiner allgemeinen Verfügbarkeit durch *sprachliche* Vermittlung zusammenhängen.

So kann das kognitive System *Mensch*, das gerade durch sein Sprachvermögen vor anderen informationsverarbeitenden Systemen ausgezeichnet scheint, durch eben

diese besondere Fähigkeit auch dazu verleitet werden, die Welt, die es mit anderen Lebewesen als gemeinsame *Lebenswelt* teilt, als nahezu ausschließlich *seiner Umwelt* mißzuverstehen. Die immer noch weitgehend anthropozentrische Nutzung ihrer Ressourcen hat sie ja nicht nur verschmutzt und anderen Systemen als mögliche Lebenswelt entzogen sondern diese Nutzung hat — mit zunehmendem technologischen Wissen sogar noch beschleunigt — schon den globalen Systemzusammenhang destabilisiert, dessen Teil (nicht dessen Kontrollinstanz) der Mensch ist. Das ist zwar eine auch für die neuere wissensbasierte, computerlinguistische Forschung noch wenig geläufige oekologische Einsicht, hat dafür aber in der kognitiven und systemtheoretisch orientierten Sprachphilosophie prominente Proponenten ¹.

Die besondere Aktualität der sprachorientierten Verstehensforschung kognitiver Modellierungen auf dem Computer hat in dieser Dimension des Sprachvermögens ihren Grund: Bedingung der Möglichkeit des Erwerbs und der Verarbeitung von Wissen zu sein, dessen unsystematische Nutzung zunehmend System-gefährdend, dessen systematische Nutzung aber ohne die Hilfe künstlicher sprachverstehender Systeme inzwischen schon nicht mehr möglich scheint.

1.2 Wie alle lebenden Systeme in dieser Welt, die sich aufgrund der ihnen aus ihrer Umwelt zugänglichen Informationen (und deren Verarbeitung) an veränderte Bedingungen anzupassen vermögen, verfügt auch der Mensch über die Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen und sein Verhalten entsprechend zu ändern. Anders als die übrigen lebenden Systeme jedoch, die die Resultate dieser Verarbeitungsprozesse nur über genetische Veränderungen speichern und weitergeben können zur System-stabilisierenden Erhaltung ihrer Art, verfügt das kognitive System *Mensch* über die Möglichkeit, die quasi *vertikale* Vermittlung *endotopen* Wissens² über Folgen sich reproduzierender und dabei anpassender Systemgenerationen durch eine sehr viel schnellere Verhaltensanpassung zu ergänzen, welche aufgrund einer quasi *horizontalen* Vermittlung *exotopen* Wissens³ schon zwischen den Einzelsystemen derselben Generation wirksam werden kann.

Dies geschieht durch Repräsentation von *Welt* in Form von Zeichensystemen der Sprache und ihrer Realisierung in Texten. Texte funktionieren dabei wie potentielle System-Umgebungen, deren *informations-systematische* Besonderheit darin besteht, die Identität der Ort-Zeit-Paare für alle Koordinaten von System und Systemumgebung zu dispensieren. Durch diese grundlegende Abstraktion kann ein System in relativer Unabhängigkeit unterschieden werden von seiner Systemumgebung, was deren weitere Differenzierung möglich und nötig macht. Danach sind unmittelbare, Ort-Zeit-identische Systemumgebungen von solchen Umgebung zu unterscheiden

¹So etwa Barwise und Perry, die ihrer *Situationsemantik* (1983) wünschen "that the book will, in some small way, contribute to a rethinking of the relation of people to the world around them, a world full of constraints and meaning, both for people and for the other beings with whom they share it." (S. xiv).

²Speicherung und Weitergabe system-genetischer Eigenerfahrung

³Identifikation und Übernahme symbol-repräsentierter Fremderfahrung

sind, die aufgrund ihrer Ort-Zeit-Abstraktion erst durch Aktualisierung wieder zu soetwas wie Systemumgebungen gemacht werden können. Für den hier betrachteten Zusammenhang wird dabei — informationssystematisch gesprochen — der Ausschnitt von *Welt*, der einem *System* zugänglich ist, beträchtlich erweitert und zwar um jene Ort-Zeit-versetzten, weil repräsentierten und so vermittelten Umgebungen, die zu verarbeiten einem System aufgrund seiner Beschaffenheit überhaupt möglich ist.

Die Aktualisierung solcher Quasi-Umgebungen bewirkt dabei nicht nur eine bloße Vermehrung von Wechselbeziehungen der Art, wie sie ein System zu seiner unmittelbaren Systemumgebung unterhält, vielmehr bildet diese Aktualisierung eine neue, *semiotische* Qualität von Systemerfahrung. Sie erlaubt es, Erfahrungen nicht nur zu machen sondern wie Hypothesen anzusetzen und deren Resultate auch wieder zu verwerfen. Diese gleichsam experimentelle Qualität semiotisch repräsentierter Umgebungen, durch die ein System sie durch Aktualisierung zu seiner Systemumgebung zu machen vermag, begründet dessen *kognitive* Fähigkeit. Sie läßt sich zusammenfassend als das Vermögen eines informationsverarbeitenden Systems kennzeichnen, seine Erfahrungsergebnisse von den ihnen zugrundeliegenden Erfahrungen zu unterscheiden und diese Resultate in Zeichen und Zeichenaggregationen als sein Wissen zu repräsentieren.

1.3 Die in Form von Zeichenaggregationen (etwa sprachlicher Texte) repräsentierten Quasi-Umgebungen sind eine der Bedingungen dafür, daß es informationsverarbeitenden Systemen, die über die Fähigkeit der semiotischen Aktualisierung (Sprachkompetenz) verfügen, möglich ist, sich das Wissen und die Erfahrungen von Generationen ohne deren genetische Vermittlung zu Nutze zu machen. Angesichts dieser neuen Möglichkeit sprachkompetenter, kognitiver Systeme, eigenes und fremdes Wissen sowohl aus *endotopen* als auch *exotopen* Erfahrungszusammenhängen vor allem *horizontal* zu kommunizieren, verliert die auch weiterhin mögliche *vertikale* Vermittlung offenbar an Bedeutung.

Erst die *Sprachkompetenz* als herausragende kognitive Fähigkeit scheint der Spezies *Mensch* dabei ermöglicht zu haben, sein *Wissen* als Menge der verfügbaren faktischen und hypothetischen Erfahrungsergebnisse in Form von (gesprochenen oder geschriebenen) Texten zum Gegenstand von faktischen und hypothetischen Erfahrungen zu machen, die dieses *Wissen* selbst verändern. Obwohl das System *Mensch* — wie jedes informationsverarbeitende System — in unmittelbarer Wechselbeziehung zu seiner Systemumgebung steht, besteht diese Umgebung selbst zum Teil auch wieder aus einer (in Zeichenaggregaten symbolisch repräsentierten) Quasi-Umgebung, deren Aktualisierung die Ort-Zeit-Identität von System und Systemumgebung herzustellen und zu erweitern vermag. Die Unmittelbarkeit dieser Wechselbeziehung beschränkt sich dabei — wie für jedes kognitive System — auf die Ort-Zeit-Identität, während die Vermitteltheit dieser Wechselbeziehung — wie für jedes sprachkompetente System — in ihrer der Aktualisierung bedürftigen Zeichenrelation besteht. Sie

erlaubt es, neben praktischen auch theoretische, neben faktischen auch hypothetische, neben realen auch fiktive Erfahrungen zu erproben und deren Resultate als Wissen zu vermitteln.

Gerade diese Fähigkeit sprachkompetenter Systeme zur Aktualisierung von Ort-Zeit-versetzten Quasi-Umgebungen aufgrund eigenen Erfahrungswissens, das durch solches Ort-Zeit-identische Aktualisieren sich ständig verändert, kennzeichnet die Offenheit oder Dynamik Sprach-verstehender, kognitiver Systeme, für deren pragmatische Eingebettetheit der Begriff der *Situation* kennzeichnend ist⁴.

2 Bedeutung und Situationssemantik

2.1 Trotz ihrer relativ langen Geschichte hat die Sprachphilosophie und Semantik für eine Reihe von Problemen, die sich im Zusammenhang der Analyse, Repräsentation und Verarbeitung natürlichsprachlicher Ausdrücke als „Bedeutungsvermittelnde“ Strukturen stellten, keine oder nur unbefriedigende Antworten zu geben vermocht:

- ▷ Angesichts wahrheitsfunktionaler Modellierung wurde unübersehbar, daß *Bedeutungen* von sprachlichen Ausdrücken uns korrekte Information aber auch Ungenauigkeiten und Irrtümer sowohl über die *externe* Wirklichkeit (als System-Umgebung) als auch über die *innere* Welt (als Systems-Struktur) vermitteln.
- ▷ Aufgrund abbildungstheoretischer Modelle ergab sich, daß *Ausdrücke* in systematischer, d.h. nicht-zufälliger Weise verbunden sein müssen mit Entitäten der externen Wirklichkeit (System-Umgebung) einerseits und mit Komponenten der inneren Welt (System-Struktur) andererseits. Wären sie das nicht, vermöchte die (verbale/schriftliche) Äußerung einer Ausdrucks keine Bedeutung zu vermitteln; wir (als beteiligte Systeme) würden sie nur als Geräusch hören bzw. als Kritzel sehen.
- ▷ Im Rahmen semiotischer Modellbildungen zeigte sich, daß die Fähigkeit, vermittlels *Sprache* sowohl unsere Gedanken als auch die Wirklichkeit zu strukturieren, auch auf die Sprache selbst müsse angewandt werden können: Ausdrücke lassen sich danach klassifizieren, wie sie einerseits Wirklichkeit (die System-Umgebung) und andererseits unsere Wissen über sie (das System selbst) strukturieren.

Aufgrund einer vergleichsweise radikalen Revision einiger Basisannahmen modelltheoretischer Semantiktheorien haben Barwise und Perry (1983) die Analyse natürlichsprachlicher Bedeutung als formale Analyse der kommunikativen Zusammenhänge konzipiert, in denen sprachliche Ausdrücke geäußert, interpretiert und

⁴vgl. hierzu etwa Rieger (1989a) und Rieger/Thiopoulos (1989)

verstanden werden. Anders als in den Mögliche-Welt-Semantiken, die ko- und kontextuellen Einbettungen nur als pragmatische Erweiterungen ergänzend einzubeziehen vermochten, ist die derzeit wohl aktuellste Modellbildung in der Semantik auf ein systemtheoretisch fundiertes Konzept der pragmatischen Kontexte aufgebaut, das *Situation* heißt.

Der Neuanatz läuft auf die Entwicklung einer abstrakten Theorie zur Klassifizierung pragmatischer Kontexte von sprachlichen Ausdrücken hinaus. Als Basis der *Situationsemantik* bildet sie die Grundlage dessen, was den Informations-verarbeitenden (natürlichen wie künstlichen) Systemen (*organisms*) von der sie umgebenden Wirklichkeit und externen Realität als ihre System-Umgebung jeweils zugänglich ist⁵.

2.2 Was über Informations-verarbeitende Systeme und ihre Adaptation an die sie umgebende Wirklichkeit ausgeführt wurde, wird nun für Sprach-verarbeitende (natürliche) Systeme, die in eine zwischen einzelnen Systemen (Individuen) und Klassen von ihnen (Generationen) vermittelnde Sprachgemeinschaft (*linguistic community*) eingebettet sind, zur einer formal-theoretisch wie empirisch-praktisch zugänglichen Basis erklärt für die Analyse jener Prozesse, aufgrund der sich diese Systeme anhand und mithilfe sprachlicher Strukturen beschleunigt anzupassen vermögen. Danach ist das System *Mensch* auf die von ihm beherrschte Sprache eingestellt, so daß ihre Strukturen ihm im Gebrauch die Orientierung liefern bei der Identifikation, Auswahl, Analyse, Klassifikation und Repräsentation von Situationen als den für ihn bedeutsamen Komponenten seiner System-Umgebung als Ausschnitt von Realität, den er als seine *Um-Welt* erfährt und verstehen kann.

Wenn Realität derart als zunächst heterogene Überdeckung von Situationen gedacht wird, aus der informationsverarbeitende Systeme die ihnen zugänglichen Ausschnitte als ihre System-Umgebungen wahrnehmen, dann ist das Vermögen, einige Situationen als einander ähnlich zu erkennen und in Zusammenhang zu bringen, abhängig von der Fähigkeit, auf bestimmte ihrer Komponenten in gleicher oder ähnlicher Weise zu reagieren, was deren Invarianz oder Gleichförmigkeit konstituiert. Die Konstitution derartiger Zusammenhänge, die von der Struktur und der Einstellung des Informations-verarbeitenden Systems abhängt, bildet aber gleichzeitig auch die Grundlage dafür, aus dem Verständnis und der Kenntnis der Verhältnisse einer Situation auf die Verhältnisse in ähnlichen Situationen zu schließen, die mit diesen durch Invariante verbundenen sind⁶.

⁵„Meaning’s natural home is the world, for meaning arises out of the regular relations that hold among situations — bits of reality. We believe linguistic meaning should be seen within this general picture of a world teeming with meaning, a world full of information for organisms appropriately attuned to that meaning.“(Barwise/Perry, S.16)

⁶„One situation s can contain information about another situation s' only if there is a systematic relation M that holds between situations sharing some configuration of uniformities with s and situations that share some other configuration of uniformities with s' . These uniformities may be physical objects, abstract objects like words, physical or abstract properties or relations, places, times, or other uniformities. But in any case, it is the relationship M that allows us to say that

2.3 Situationen bestehen — je nach Struktur und Einstellung des informationsverarbeitenden Systems, das seine System-Umgebung als situative *Um-Welt* aus der umgebenden Realität konstituiert — aus Komponenten wie individuellen Entitäten, die bestimmte Eigenschaften haben, sich an unterschiedlichen Raum-Zeit-Punkten befinden und in systematischen Relationen zueinander stehen, welche durch die jeweiligen Invarianten bestimmt sind. *Wörter* stellen als Worttypen solche besonderen Invarianten dar, die zur gleichen Zeit an sehr verschiedenen Situationen teilhaben können, aber innerhalb verschiedener Äußerungen als Worttoken erscheinen, wodurch sie in *Texten* sowohl Zusammenhänge von Äußerungs-Situationen als auch Zusammenhänge beschriebener Situationen konstituieren. Die aufgrund besonderer Gebrauchsregularitäten einer Sprache dabei ausgebildeten Strukturen sind — obwohl systematischer Natur — im Unterschied zu Naturgesetzen veränderlich und unterliegen — obwohl als bloße Konventionen etabliert — dennoch bestimmten Restriktionen.

Mit Hilfe dieser Invarianten lassen sich nun Situationen als abstrakte Typen (*abstract situations*) bzw. deren Aktualisierungen (*actual situations*) definieren, die mit tatsächlichen Situationen (*real situations*) nur in (den auch belegten) Teilbereichen übereinzustimmen brauchen. Als *Ereignisfolge* kann jede (partielle) Funktion von *Raum-Zeit-Punkten* auf *Situations-Typen* gelten, wobei eine *Ereignisfolge*, die nur für einen Punkt definiert ist, *Sachverhalt* heißt.

Durch Ausnutzung der im Kontext *abstrakter, aktueller* und *realer* Situationen enthaltenen Invarianten kann dabei der Übergang — trotz einer systematischen Unterbestimmtheit von Bedeutung und Interpretation — vollzogen werden: von der sprachlichen Bedeutung (*linguistic meaning*) eines Ausdrucks über die Interpretation seiner Gebrauchsweise (*context of use*) bis zu dem, was seine tatsächliche Äußerung (*on a particular occasion*) an Information vermittelt. Die Betonung des informativen Gehalts von Äußerungen führt dabei auf die direkte Entsprechung von externer und mentaler Bedeutsamkeit von Ausdrücken und deren wechselseitiger Interpretierbarkeit.

Die Konzeption des adaptiven (natürlichen oder künstlichen) Systems, das sich in bezug auf seine Umwelt *intelligent* verhält aufgrund und vermöge seiner (veränderbaren) Anpassung an die Invarianten, welche seine Umgebung in *Situationen* strukturieren, weil es selber deren Strukturen (als Kenntnis von Invarianten) besitzt, scheint im Begriff der relationalen Bedeutung deren *externe* und *interne* Modellierungen miteinander vermitteln zu können.

Gleichwohl bleibt die Situationssemantik noch auf die Einheit *Satz* im Unterschied zum *Text* beschränkt, sie ist ausschließlich erst *extern-semantisch* ausgearbeitet, und es fehlen ihr bisher noch alle Hinweise auf eine mögliche empirische Rekonstruktion der Basiseinheit *Situation*, welche die formale ergänzen könnte.

the first situation means the second.“ (Barwise/Perry, S.14)

3 Verstehen und Informationstechnologie

3.1 Im Zeichen einer allgemeinen Informatisierung unserer Gesellschaft und unter dem Druck wie den Verheißungen tiefgreifender kommunikations-technologischer Veränderungen werden derzeit weltweit große Anstrengungen unternommen und beträchtliche Mittel in die Forschung investiert zur Untersuchung und Analyse jener Strukturen und Prozesse, aufgrund deren die Menschen in der Lage sind, sprachlich-semiotische Systeme zu entwickeln, zu erlernen und zu verwenden, um miteinander zu kommunizieren. Das Vermögen der Menschen, sprachliche Texte produzieren und rezipieren zu können, die in ihnen vermittelten Bedeutungen zu verstehen und aus ihnen Kenntnisse zu erwerben, die sie als Wissen (ähnlich dem aus eigenen, praktischen Erfahrungen aufgebauten Erkenntnissen) verwenden, ist eine der wichtigsten Voraussetzungen bei der gemeinsamen Lösung neuer Probleme. Dieses Vermögen, nicht ausschließlich nur aus real-weltlichen Gegebenheiten und Erfahrungen *lernen* zu können, sondern auch aus den *semiotischen* Repräsentationen solcher (oder fiktiver) Gegebenheiten, Erfahrungen oder gar *Lern*resultaten selbst, erweist sich mittlerweile jedoch als eher unzureichend. Intensivere Einweisung und verstärktes Training einerseits, technische und technologische Unterstützung andererseits scheinen hier dringend erforderlich angesichts sowohl der heute schon vorliegenden und in Zukunft eher noch zunehmenden Massen sprachlicher Texte, als auch im Hinblick auf die derzeit bestehenden und zukünftig noch entstehenden Probleme sowie deren kaum absehbare Lösungsmöglichkeiten.

Dabei geht es inzwischen nicht mehr vordringlich um eine noch umfassendere, noch verlässlichere Bereitstellung zusätzlicher Daten und Informationen, mithilfe derer bessere Problemlösungen etwa automatisch gefunden oder anstehende Entscheidungen mechanisch und schneller getroffen werden könnten; vielmehr stellt die über alle Maßen gewachsene Menge von Daten und Informationen und deren Verfügbarkeit mittlerweile selbst eines der zentralen Probleme dar: denn eine sachgerechte Auswahl des jeweils relevanten Materials überfordert vielfach den einzelnen menschlichen Problemlöser wie meistens auch ganze Expertenteams. Bei der Tragweite und den oft unabsehbaren Risiken nicht-optimaler⁷ Problemlösungen ergibt sich daher die Notwendigkeit, die spezifische Weise, in der das natürliche kognitive System *Mensch* das ihm verfügbare *Wissen* zu Problemlösungen nutzt, auch in künstlichen intelligenten Systemen nachzubilden. Dies erscheint umso dringlicher angesichts des Unvermögens sogenannter *intelligenter, wissensbasierter, sprachverstehender* Systeme der bisherigen kommunikationstechnologischen KI-Forschung⁸. Deren bisher eher behauptete als schon realisierte *kognitive* Fähigkeiten beruhen auf Funktionen, die *Problemlösungen* im wesentlichen als (algorithmische oder heuristische) Suche und

⁷*nicht-optimal* werden hier Problemlösungen genannt, welche Handlungsweisen zur Folge haben, die die zum Zeitpunkt der Entscheidung für oder gegen eine oder mehrere Alternativen solchen Handelns verfügbaren Informationen und Kenntnisse über dessen mögliche Konsequenzen nur deswegen nicht berücksichtigen, weil sie — wiewohl *vorhanden* — den Entscheidungsträgern nicht zugänglich waren oder aber als irrelevant erschienen.

⁸vgl. hierzu Rieger (1989a), insbesondere *Kapitel 5* und *6*

Auswahl optimaler Wege durch die Menge antizipierter Lösungsmöglichkeiten im so definierten *Problemraum* modellieren. Derartige Systeme — oder ihre Weiterentwicklungen — werden aber kaum je in den Stand gesetzt werden können, das als unzulänglich erfahrene Vermögen des Menschen zu verbessern, sich in einer Umgebung zu orientieren, die ihm als *seine Welt* zu *verstehen* ja gerade deswegen so schwerfällt, weil er Menge und Art der sich ihm bietenden Möglichkeiten und ihm abverlangten Entscheidungen nicht entfernt mehr zu durchschauen, d.h. zu antizipieren vermag.

3.2 Dieses kognitive Unvermögen in ähnlich effizienter Weise auszugleichen, wie — auf physikalischer Ebene — eine die Linsenbrechung der Augen korrigierende Brille das defiziente Sehvermögen ihres Trägers seinen Erfordernissen anzupassen vermag, läßt inzwischen nach einer durchaus neuartigen funktionellen Operabilität der kommunikationstechnologischen Systeme und deren Handhabbarkeit suchen. Diese müßte — der Brille und ihrer wie selbstverständlich genutzten Leistung vergleichbar — die Benutzer quasi vergessen lassen, daß sie sich überhaupt eines Hilfsmittels bedienen.

Eine solche Auffassung von *Operabilität* hätte freilich ernst zu machen mit einem auch phänomenologischen Verständnis von Systemaktivität⁹, das weder die Repräsentation einer System-umgebenden *Wirklichkeit* noch das Wirklichkeits-angemessene System-*Verhalten* in Form von *Programmen* zur Verarbeitung von *Daten* und *Informationen* schon voraussetzen kann, sondern diese Aktivität in Form von *Prozeduren* beschreibt, deren zeitlicher Ablauf in *Prozessen* gerade jene Veränderungen zu simulieren gestattet, die sowohl das System selbst als auch die ihm zugänglichen Umgebungen in Abhängigkeit von den jeweils erreichten Zuständen modifizieren. Derartig *dynamische* Systemarchitekturen¹⁰ könne daher *selbstorganisierend* und in einem neuen Sinn *wissensbasiert* insofern genannt werden, als sie *Verstehen* nicht mehr mit dem Prozeß des Interpretierens von Gegebenheiten oder Zusammenhängen aufgrund von vorgegebenem Wissen gleichsetzen, sondern als diejenige Aktivität des Systems selbst begreifen lassen, die vermöge der Zustands-abhängigen Interpretation von Gegebenheiten und Zusammenhängen aufgrund von System-eigenem Wissen eben dieses Wissen kontinuierlich verändert¹¹.

⁹Den ersten aus dem Kreis der KI-Forschung selbst hervorgegangenen Ansatz in dieser Richtung machten T. Winograd und F. Flores (1986), die eine aus phänomenologischer Sicht vorgetragene Kritik der bisherigen KI-Forschung und ihrer Systementwicklungen zur Verarbeitung natürlicher Sprache (*natural language processing*) lieferten. Die Verwirklichung ihrer Forderung aber, sprachverstehende *Tools* — durchaus im Heidegger'schen Sinne — als kognitive System-*Zeuge* zu entwickeln, würde es notwendig machen, gerade auch die *semiotischen* Bedingungen solcher Systemwürfe phänomenologisch zu reflektieren, was bei Winograd/Flores jedoch unterbleibt (vgl. Rieger 1989b).

¹⁰Hierzu zählen insbesondere die *konnektionistischen* Modellbildungen *neuronaler Netzwerke*, die im Rahmen *massiv paralleler* Informationsverarbeitung zu neuen (verteilten) Formen der Informations-*Repräsentation* wie der Prozessoren-*Anordnung* in Rechnersystemen geführt haben (vgl. C. Kemke (1988)).

¹¹Maturana, H.R. (1978)

3.3 Im Modell vermöchte ein solches kognitives System danach aufgrund seiner *Wissensstrukturen* nur jene Elemente in seiner Umgebung zu erkennen, die sich aufgrund seiner eigenen *Wissensorganisation* als potentielle Zusammenhänge erschließen lassen. Als Menge möglicher Zusammenhangsstrukturen bilden sie die *Welt* des Systems, welche sich ihm durch veränderte Interpretationen der dadurch jeweils zugänglichen Aspekte erschließt. Der Prozeß des Erschließens wird dabei als zeitliche Abfolge von *Wissens-Zuständen* faßbar, deren Aufbau und Veränderung das *Verstehen* und *Lernen* des kognitiven Systems übergreifend als seine Weise der *Bedeutungskonstitution* modellieren.

Als kognitive Hilfssysteme des Menschen konzipiert, bestände die Leistung eines solchen informationsverarbeitenden *Tools* als *zeughaftem* Modellsystem daher nicht mehr nur — wie in den sogenannten *wissensbasierten* Systemen der traditionellen KI-Forschung — in der Anwendung schon vorausgesetzter, jedenfalls unveränderlicher Strategien und Operationen auf vorgegebenen Daten und Strukturen, sondern vielmehr darin, daß sein *kognitives* Vermögen — dem lebender Systeme vergleichbar — es innerhalb seiner strukturellen Beschränkungen und den durch seine jeweiligen Umgebungen vorgegebenen Restriktionen *lernfähig* macht, was sich in der kontinuierlichen Veränderung seines Wissens durch Anwendung dieses Wissens wie auch in seiner damit sich verändernden Brauchbarkeit auswies.

4 Wortbedeutung und Weltwissen

4.1 Technologisch war der Übergang von der Daten- zur Informationsverarbeitung gekennzeichnet durch die elektronische Speicherung und weltweit abrufbare Verfügbarkeit von (fachspezifischen) Teilbereichen des vorhandenen Wissens in Daten- und Informationsbanken. Der weiterführende Schritt von der Informations- zur Wissensverarbeitung ist derzeit als Herausforderung erkannt und wird inzwischen als zukunftsweisende Aufgabenstellung in der Forschung angegangen. Im Rahmen der auf die Verarbeitung der natürlichen Sprache gerichteten Systementwicklungen der KI-Forschung und Computerlinguistik stehen dabei Forschungsbereiche im Vordergrund, die weitgehend noch durch Begriffe wie *Grammatikformalismen* und *Parsingstrategien natürlicher Sprache, maschinelle Übersetzung, Wissens- und Bedeutungsrepräsentation, Verstehenssimulation* abgedeckt werden; gleichzeitig beherrschen Schlüsselwörter wie *Selbstorganisation, Lernfähigkeit, Fehlertoleranz* und *Dynamik* den Forderungskatalog, durch den wünschenswerte Systemeigenschaften in der Anwenderdiskussion umrissen werden. Sie richtet sich verstärkt auf *Expertensysteme, integrierte Arbeitsplätze, Kommunikations- und Denkinstrumente*, die keine bloßen Schlagworte mehr sind: sie bezeichnen inzwischen schon Produktentwicklungen, die an der Schwelle merkantil nutzbarer oder schon genutzter Anwendungen stehen, zu denen vielfältige, im weitesten Sinne kognitionswissenschaftliche Erkenntnisse beitragen.

Insbesondere ist der Bereich des Wissenserwerbs aus Texten und die Modellierung der hierfür verantwortlichen Sprachverstehens- und Lernprozesse noch weitgehend ungeklärt. Der Umstand, daß es sich bei dieser Forschungsproblematik nicht mehr nur ausschließlich um eine ingenieurwissenschaftliche Umsetzung von theoretisch geklärten und formal expliziten Modellbildungen handelt, sondern um einen mit der sprachlichen Bedeutungskonstitution verbundenen, allgemeinen semiotischen Prozeß (das Erkennen solcher Zusammenhänge, die durch dieses Erkennen vielfach erst gestiftet werden), macht deutlich, weshalb hier die Computerlinguistik in höherem Maße gefordert ist als die traditionelle KI-Forschung, deren (z.T. negativen) Ergebnisse und (z.T. unzureichenden) Systeme gleichwohl die anstehende Problematik zumindest zu erkennen halfen.

Die jüngsten Fortschritte in der Wissens-basierten Verarbeitung von Daten und Informationen in der KI-Forschung, sowie der Umsetzung ihrer zunächst theoretischen Ergebnisse in praktische Anwendungszusammenhänge etwa in der Entwicklung von Expertensystemen, Arbeitsumgebungen, etc. sind bisher im wesentlichen dem Bereich der Ingenieur- und Naturwissenschaften zugute gekommen. Deren weitgehend auf formalisierbarem Wissen beruhende Problemlösungen sowie die dabei verwendeten logisch-deduktiven Verfahren ihrer Durchführung, Überprüfung und Evaluierung legten es nahe, gerade innerhalb dieser Gebiete nach übergreifenden Algorithmisierungen zu suchen. Voraussetzung hierfür war, daß die stürmische Entwicklung der Hard- und Software in der Computertechnologie es erlaubte, die elektronischen Rechner nicht mehr nur zur Verarbeitung numerischer Ausdrücke einzusetzen, sondern den Computer zunehmend auch als eine symbolverarbeitende Maschine zu verwenden mit der Fähigkeit, die als logische Formeln repräsentierten sprachlichen Aussagen zu interpretieren und ihre Richtigkeit (oder Falschheit) zu beweisen.

Trotz zahlreicher entweder schon als Software-Produkte auf dem Markt befindlicher oder aber noch in der Entwicklung stehender sog. „intelligenter“, weil Wissens-basierter Systeme, kann von einer erfolgreichen Anwendung und Übertragung dieser Ansätze im Bereich der Geisteswissenschaften bisher nicht die Rede sein.

4.2 Anders als in Natur- und Ingenieurwissenschaften, deren Erkenntnisinteressen, Forschungsgegenstände und Untersuchungsverfahren in einer von der natürlichen Sprache unterschiedenen formalen Repräsentation höchster Intersubjektivität darstellbar sind, bildet die natürliche Sprache und die Masse der in natürlicher Sprache formulierten Zeugnisse und Dokumente die Grundlage der Geisteswissenschaften. Deren informatorische Basis besteht damit — von den vereinzelt Bildmaterialien einmal abgesehen — im wesentlichen aus sprachlich überliefertem Wissen, das in Form von Textmaterialien mehr oder weniger zugänglich ist. Charakteristisch für den spezifischen Zusammenhang und die Dynamik dieses Wissens ist aber, daß seine unterschiedlichen interpretatorischen Auslegungen sowie ein jeweils (historisch, sozial, edukativ, wissenschaftlich, etc.) sich veränderndes Verständnis dabei wiederum in Texten vermittelt wird, deren unterschiedliche Auslegungen sowie ihr

jeweils verändertes Verständnis sich wiederum in Texten ausdrückt, und so fort — was derart zu lebendiger Überlieferung von Geschichte als historischem Bewußtsein von Geschichtlichkeit wurde und in Zukunft hoffentlich auch bleibt.

Den weitgehend in logischen Ausdrücken formalisierbaren Wissensbeständen der exakten Wissenschaften stehen damit die in natürlich-sprachlichen Texten formulierten (oder doch formulierbaren) Verstehenszusammenhänge der Geisteswissenschaften gegenüber, wobei letztere — nicht zuletzt durch das Medium der natürlichen Sprache¹² — ihrem *rationalistischen* Mangel an methodischer Strenge und formalem Rigorismus die Universalität in Richtung und Skopus ihres *hermeneutischen* Verstehens- und Erklärungsanspruchs entgegenstellen kann. In dieser Offenheit und Flexibilität liegt begründet, daß es bisher noch keine — den Algorithmen der logisch-deduktiven Verarbeitungsprozesse vergleichbaren — Algorithmisierungen jener hermeneutischen Prozesse zu geben scheint, die mit *unscharfem Wissen* und *vagen Bedeutungen* in *analoger Weise* umzugehen vermögen, wie es das Lernverhalten kognitiver, informationsverarbeitender Systeme in solchen Umgebungen nahelegt, die diese als *Umwelten* zu interpretieren und als ihre *Welten* zu *verstehen* vermögen.

4.3 Die Repräsentation von *Wissen*, das Verstehen von *Bedeutung* und die Analyse von *Texten* sind durch die Disziplinen der kognitiven Wissenschaften zu einer zentralen Problemstellung der natürlichsprachlichen Semantik geworden, die im Hinblick auf eine Modellierung im Computer sowohl deskriptive und explikative als auch simulative Aspekte vereinigen¹³. Dabei ist die systematische Verbindung von adäquater Analyse, Repräsentation und Verarbeitung auch nicht-präzise definierbarer Bedeutungen, welche durch natürlichsprachliche Zeichenaggregate vermittelt werden, zu einer Art Schlüsselproblem avanciert.

Für die meisten Anwendungszusammenhänge ist die *Linearität* der textuellen Darbietungsweise dessen, was wir als *Bedeutung* oder *Inhalt* von sprachlichen Ausdrücken zu bezeichnen uns angewöhnt haben, ein nicht nur ausreichendes Darstellungsprinzip, sondern in seiner linguistischen Funktion sogar eine Bedingung semiotischer Struktur- und Systembildung. Ohne den Zwang zur Linearisierung ist etwa die Konstitution *syntagmatischer* und *paradigmatischer* Relationen zwischen sprachlichen Elementen nicht denkbar, die schon F. DE SAUSSURE als eine strukturbildend-funktionelle Beschreibung sehr fundamentaler Ordnungsprinzipien der kommunikativen Verwendung und Aggregation von Zeichen unterschied. Darüber hinaus stellt Linearisierung aber auch ein gewissermaßen erzieherisches Prinzip dar bei der "allmählichen Verfertigung der Gedanken beim Sprechen" und/oder Schreiben zur Überführung vieldimensionaler, konzeptueller Zusammenhänge in Texte, wie ebenso auch umgekehrt beim allmählichen Aufbau und Vollzug gedanklicher und konzeptueller Zusammenhänge aus der Linearität sprachlicher Texte. Diese Prozesse, bei

¹²im *subjektiven* wie *objektiven* Sinne dieses Genitivs

¹³Norvig (1987)

deren Analyse und Rekonstruktion sich das strukturbildende Moment der Linearisierung wie eine Art Leitlinie nutzen läßt zur Modellierung von Bedeutung und Wissen in Texten, können übergreifend — sowohl als *Verstehen* in der Anknüpfung an schon vorhandene wie auch als *Lernen* im Zustandekommen neuer Zusammenhänge — als *Bedeutungskonstitution*¹⁴ bezeichnet werden, deren (simulative/kreative) Nachbildung im Computer heute die zentrale Herausforderung der einschlägigen Forschung bildet.

Insbesondere unter dem Aspekt des Erwerbs von *Wissen* und des Lernens von *Bedeutungen* ist deutlich geworden, daß die Versuche, die Wahrheitsfunktionalität von *Sätzen* als regelgeleitete Komposition der Bedeutungen von *Wörtern* zu rekonstruieren sich nicht würde übertragen lassen auf die Art und Weise, wie sich aus der Verbindung von *Sätzen* zu *Texten* etwa jene Strukturen ergeben, die als sprachliche Repräsentationen jenes (aktuelle wie hypothetische) *Wissen* vermitteln, das zu aktualisieren gerade solchen Systemen möglich ist, die diese Textstrukturen als System-Umgebung zu interpretieren vermögen, um aus ihnen wie aus *Situationen* zu lernen.

Hierbei geht es nicht mehr nur um eine analytische Beschreibung sondern die nachvollziehende Simulation eines semiotischen Prozesses, der die situative Verwendung von sprachlichen Zeichen und deren kommunikative Aggregation in *Texten* zum Gegenstand hat. Anders als in einer *Satzsemantik*, in der Äußerungen als von ihren pragmatischen Einbettungen losgelöst nur unter dem kompositorischen Aspekt der beteiligten Wörter betrachtet werden, läßt *Textbedeutung* sich als pragmatische Information nur dynamisch rekonstruieren aufgrund der Regularitäten, die jede performative Zeichenaggregation zum Zweck der Kommunikation befolgt und verändert, und anhand der Strukturen, die diese Regularitäten in sprachlichen Texten erkennen und wiedererkennen lassen. Für beide, Regularitäten und Strukturen, sind dabei die systematischen Korrelationen entscheidend: sie ermöglichen es, einerseits über die *lineare* Verknüpfung beliebiger Zeichenaggregate zu abstrahieren, was die variablen Strukturen *syntagmatischer* Verkettungs-Beschränkungen erkennen und wiedererkennen läßt, und andererseits über die *situative* Verknüpfung beliebiger Zeichenaggregate zu abstrahieren, was die variablen Strukturen *paradigmatischer* Ersetzungs-Beschränkungen zu interpretieren und zu verstehen erlaubt.

5 Analyse und Repräsentation

5.1 Anknüpfend an schon in früheren Arbeiten entwickelten Modellbildungen und an deren Implementationen bietet die Theorie der unscharfen (*fuzzy*) Mengen¹⁵ in Verbindung mit statistischen Verfahren der quantitativen Analyse

¹⁴Der Begriff wird hier in einem schon früher entwickelten Verständnis verwendet, das Verfasser im einzelnen in Rieger (1977) entwickelt hat.

¹⁵Die Theorie wurde 1965 von L.A. ZADEH begründet und hat mit ihren vielfältigen Fortentwicklungen seither Eingang in fast alle Bereichen der Mathematik und in zahlreiche mathematisch-

großer Textmengen die Möglichkeit, die Vagheit natürlichsprachlicher Bedeutungen in Texten als Stereotype zu repräsentieren und in ihrem systematischen Zusammenhang topologisch als Raumstruktur darzustellen. Die besondere (formale und inhaltliche) Eigenschaften dieser Repräsentationsweise werden dabei dazu benutzt, die lexikalisch-semantischen Beziehungen als ein Netzwerk von Knoten und Kanten abzubilden, wobei die Konfigurationen jedoch nicht als (statisch) vorgegeben sondern als (dynamisch) sich verändernde, variable Resultate von Auswahlprozeduren modelliert werden.

Anders als in den durch Introspektion gewonnen Daten zur semantischen Beschreibung von Wortbedeutungen ist der neue Ansatz auf die algorithmische Analyse von Texten gestützt, die von wirklichen Sprechern/Schreibern in realen Situationen tatsächlich vollzogener (oder doch intendierter) Kommunikation über bestimmte Sachgebiete produziert wurden. Hierbei wurde unter Begriffsbildungen wie *lexikalischer Relevanz* und *semantischen Dispositionen* ein System zur konzeptbasierten Bedeutungsrepräsentation entwickelt, das sich aufgrund empirischer Analysen von natürlichsprachlichen Texten (re-)konstruieren läßt. Es ist aus sprachphilosophischen Vorstellungen wie den WITTGENSTEINSCHEN *Sprachspielen* abgeleitet und auf deren Grundannahme gestützt, daß die Analyse und Beschreibung der *Regularitäten*, mit denen Wörter in Mengen von *Sprachspielen* oder ihnen entsprechenden *pragmatisch homogenen* Texten verwendet werden, auch wesentliche Teile dessen zu erfassen vermag, was diese Texte an Begrifflichkeiten und Bedeutungen vermitteln. An anderer Stelle¹⁶ konnte gezeigt werden, daß selbst in sehr großen Corpora *pragmatisch homogener* Texte nur sehr begrenzte Anzahlen unterschiedlicher Wörter verwendet werden, wie umfassend die persönlichen (aktiven) Wortschätze ihrer jeweiligen Autoren auch sein mögen. Diejenigen Wörter, die zur Übermittlung bestimmter Informationen innerhalb eines Sachgebiets Verwendung finden, werden sich deswegen — den mit ihnen verbundenen konventionalisierten kommunikativen Eigenschaften entsprechend — in den betreffenden Texten verteilen und demgemäß *lexiko-semantische Regelmäßigkeiten* ausbilden, die empirisch-statistisch ermittelbar sind.

5.2 Während die formale Darstellung vager Bedeutungen, die auf der Theorie der *unscharfen* Mengen und referenziell-semantischer Modellbildungen basiert, bisher über keine adäquate Methode zur Bestimmung von Zugehörigkeitswerten verfügte, bietet ein struktural-semantisches Modell eine solche Möglichkeit der empirischen Ermittlung unscharfer (Teil-)Mengen des Vokabulars zur Darstellung der Bedeutungszusammenhänge von Wörtern¹⁷. Hierzu wird zunächst jeder der in einem Textcorpus benutzten Worttypen x durch seine Verwendungsweise in bezug auf alle n Wörter des benutzten Vokabulars $V \stackrel{\text{def}}{=} \{x_i\}, i = 1, \dots, n$ charakterisiert. Die paarweise Betrachtung von Wörtern, erlaubt dabei, für jedes Element x die Distribution über alle x_i Wörter des Vokabulars V als dessen unscharfe Teilmenge $x_i | x$

empirisch arbeitenden Disziplinen gefunden.

¹⁶Rieger (1981)

¹⁷vgl. im einzelnen hierzu etwa Rieger (1989a)

zusammenzustellen. Bezeichnet man diese Verwendungsregularklärten mit $y \stackrel{\text{def}}{=} x_i | x$, so kann jedem Wort $x \in V$ ein y zugeordnet werden, welches — formal über eine unscharfe Teilmenge in V definiert — nicht nur Element einer Menge C , sondern auch Teil des (lexikalischen) Mengensystems C ist. Jedes einzelne dieser Elemente y läßt sich dabei wiederum durch paarweise Betrachtung seiner Unterschiede zu allen n Verwendungsregularitäten der Menge $C \stackrel{\text{def}}{=} \{y_i\}$ näher als unscharfe Teilmenge $y_i | y \subseteq C$ bestimmen, welche formal je einen Bedeutungspunkt $z \stackrel{\text{def}}{=} y_i | y$ definiert, der als Element der Menge S auch Teil des (semantischen) Mengensystems S ist. Jedes $z \in S$ kann so als Repräsentation der Bedeutung eines Wortes $x \in V$ gelten, wenn man die *Bedeutung* eines Wortes — im Sinne einer *gebrauchstheoretischen Semantik* — erklärt als Funktion aller Unterschiede aller Verwendungsweisen dieses Wortes zu sämtlichen anderen Wörtern, die in den Texten eines *pragmatisch homogenen* Corpus vorkommen. Diese Erklärung geschieht formal über eine zweistufige, konsekutive Abbildung die jedem Wort $x \in V$ genau einen Bedeutungspunkt $z \in S$ zuordnet als Komposition zweier Funktionen α und δ .

Im Unterschied zu einer bloß *formalen* Modellierung des gebrauchstheoretischen Bedeutungsbegriffs erfordert eine auch *empirische* Analyse und quantitative Beschreibung von Wortbedeutungen in ihrem strukturalen Systemzusammenhang, daß den beiden Funktionen α und δ auch anwendbare numerische Koeffizienten zugeordnet werden können, die eine statistische Analyse der Verwendungsregularitäten lexikalischer Einheiten in sprachlichen Texten durchzuführen erlauben. Für die empirische Rekonstruktion der Verwendungsweisen jedes Wortes $x_i, x_j \in V$ wurde ein modifiziertes Korrelationsmaß $\alpha(x_i, x_j)$, für die Unterschiede $y_i, y_j \in C$ dieser Verwendungsweisen wurde ein euklidisches Distanzmaß $\delta_1(y_i, y_j)$ und für die Nähe oder Ferne von so definierten Bedeutungspunkten $z_i, z_j \in S$ zueinander wurde die Distanz $\delta_2(z_i, z_j)$ verwendet. Die Distanzmaße können darüber hinaus als Metriken interpretiert werden, wodurch aus dem lexikalischen Mengensystem C der *Corpusraum* $\langle C, \delta_1 \rangle$ und aus dem semantischen Mengensystem S der *Bedeutungs- oder semantische Raum* $\langle S, \delta_2 \rangle$ wird, mit $i, j = 1, \dots, n \leq m$. Die Topologien beider Hyperräume, die auch durch mengentheoretische Operationen (UND und ODER-Verknüpfung, Negation) entstandene Elemente enthalten, werden dabei zur Ableitung und Erklärung von Eigenschaften der modellierten lexikalisch-semantischen Zusammenhangsstrukturen genutzt. So gibt etwa die Lage der Bedeutungspunkte z Aufschluß über sehr grundlegende Bedeutungsbeziehungen, die sich als *semantische* Abstände der entsprechenden Worttypen x ergeben, wie sie aufgrund der systematischen Unterschiede ihrer Verwendungsregularitäten in Texten bestimmbar sind.

5.3 Anhand verschiedener Corpora natürlichsprachlicher Texte und der daraus berechneten semantischen Hyperräume $\langle S, \delta_2 \rangle$ wurde überprüft, ob das entwickelte und angewandte Analyse- und Repräsentationsverfahren tatsächlich die über Wortverwendungen in Texten konstituierten semantischen Zusammenhänge zu ermitteln vermag. Hierzu wurden zum einen die *semantischen Umgebungen* $E(z_i, r)$ derjenigen Bedeutungspunkte z berechnet und aufgelistet, die sich in der topolo-

gischen Nachbarschaften von sowohl einzelnen Bedeutungspunkten z_i als auch von durch konjunktive und adjunktive UND/ODER-Verknüpfungen entstandenen Bedeutungspunkten $z_{i \wedge j}$ bzw. $z_{i \vee j}$ finden. Zum anderen konnte anhand diverser, die Punktverteilungen in $\langle S, \delta_2 \rangle$ untersuchender Clusteranalysen, welche auf der Grundlage einzig *numerisch-statistischer* Kriterien der Positionen von Punkten im Hyperraum Ähnlichkeitsklassen von Bedeutungspunkten ermitteln lassen, der Beleg erbracht werden, daß sich eben jene Bedeutungspunkte in *Cluster* versammeln, die auch intuitiv *semantisch* ähnliche Bedeutungen repräsentieren. Es ließ sich derart nachweisen, daß das vorgelegte, einzig auf der Analyse von Wortverwendungsweisen in natürlichsprachlichen Texten basierende automatische Verfahren zur Repräsentation von Wortbedeutungen und ihrer Beziehungen in *pragmatisch homogenen* Textcorpora zum Aufweis semantischer Zusammenhänge führt, die ihrerseits als Basis des in und durch Texte vermittelten (lexikalisierten) Wissen gelten können.

<u>WIRTSCHAFT</u>	0.000				
AUSLAND	3.785	BRITAIN	5.094	ENTWICKL	5.893
FOLGe	6.112	VERWALT	6.428	RAUM	6.903
EINSATZ	9.307	KONTAKT	9.934	HERRSCHEn	10.163
GESCHÄFT	10.931	KRANK	11.732	VERKEHR	11.984
VERANTWORT	12.298	SPRACH	12.429	MÖGLICH	13.257
WEG	13.285	NEU	13.871	ZENTRAL	14.831
LEHR	15.131	JUNG	15.550	ALLGEMEIN	15.796
MODE	15.850	AUFTRAG	15.952	MASCHINE	16.210
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tabelle 1: Topologische Umgebung $E(z_i, r)$ von $i = \text{WIRTSCHAFT}$ mit Bedeutungspunkten aus der Hyperkugel mit Radius r im *semantischen Hyperraum* $\langle S, \delta_2 \rangle$ berechnet anhand eines Textcorpus der Tageszeitung DIE WELT der 1964-er Ausgaben (Stichprobe: 175 Artikel mit rund 7000 Worttoken und 365 Worttypen)

Die derart repräsentierten *lexikalischen* Bedeutungszusammenhänge bildet eine relationale Datenstruktur, dessen sprachlich etikettierte Elemente (Bedeutungspunkte) und dessen wechselseitigen Abstände (Bedeutungsunterschiede) ein System einander überdeckender *Stereotype* bilden. Die *Bedeutung* eines Elements kann daher sowohl als unscharfe Teilmenge des Vokabulars, als Vektor eines Bedeutungspunkts wie auch als topologische Umgebung eines Bedeutungspunkts dargestellt werden. Letztere besteht aus allen Namen und Werten der nach zunehmenden Abständen aufgelisteten Bedeutungspunkte, die sich innerhalb einer Hyperkugel des Radius r um einen Bedeutungspunkt $z_i \in \langle S, \delta_2 \rangle$ finden. Sie repräsentieren die Bedeutung des betreffenden Wortes daher indirekt als *Stereotyp*, d.h. als Zustand, Muster oder Verteilung von Bedeutungspunkt-Wert-Paaren (*Tab. 1*).

6 Strukturen und Prozeduren

6.1 Folgt man einer eher *semiotischen* Auffassung von *Verstehen* als *Bedeutungskonstitution*, dann könnte die bisher dargelegte Struktur des *semantischen Hyperraums* als Basis und Kern für ein zweistufiges System zum Erwerb und zur Repräsentation von lexikalischem Wissen sich erweisen. Seine Zweistufigkeit besteht im wesentlichen in der Trennung des Darstellungsformats einerseits, in welchem die als grundlegend verstandenen Wortbedeutungen als *Stereotype* repräsentiert werden, von seiner latenten Ordnungsstruktur andererseits, durch welche sich deren konzeptueller Zusammenhang als *dispositionelle Abhängigkeiten* organisieren. Während ersteres eine weitgehend statische, Distanz-relationale, assoziative Datenstruktur ist, kann letztere als eine Sammlung von Verarbeitungsprozeduren charakterisiert werden, die es nicht nur erlauben, diese Daten nach unterschiedlichen semiotischen Prinzipien unter verschiedenen Aspekten dynamisch und flexibel zu organisieren, sondern deren Resultate darüber hinaus geeignet erscheinen, auf diese Daten selbst modifizierend zurückzuwirken.

Im Rahmen der experimental-psychologischer Modellierung von Wissens- und Gedächtnisstrukturen¹⁸, sowie der in diesen Modellen definierten Operationen (*spreading activation*, *priming*), welche die zuweilen schnellere Identifikation bzw. höhere Erinnerungsleistung konzeptuell verbundener Wortbedeutungen durch Versuchspersonen zu erklären suchten, vermag ein zweistufiges Repräsentations- und Lernsystem eine weiterführende Heuristik zu liefern. Sie legt nämlich nahe, die zwischen Konzepten bestehenden Relationen, welche für eine temporale Voraktivierung (*priming*) wie für die assoziative Aktivierung der Konzepte selbst (*activation*) vorausgesetzt werden, nicht mehr als vorgegebene *statische* Struktur sondern als Resultat von Struktur-induzierenden Prozessen *dynamisch* zu modellieren. Für diese konnten zumindest Algorithmen gefunden und als Prozeduren in ersten systematischen Modellierungen implementiert werden.

Da der *semantische Hyperraum* zunächst als eine distanzrelationale Struktur vorliegt, können wohlbekannte algorithmische Suchstrategien nicht unmittelbar eingesetzt werden. Denn sie arbeiten nur auf nicht-symmetrischen, relationalen Datenstrukturen, wie sie etwa im Format der gerichteten Graphen in der traditionellen Bedeutungs- und Wissensrepräsentation als *semantische Netzwerke* geläufig sind. Für die Umwandlung der Hyperraumstruktur in eine solche Knoten-Zeiger-Struktur kann der *semantische Raum* als eine Art assoziativer Basisstruktur nurmehr potentieller konzeptueller Zusammenhänge verstanden werden. Bestimmte Prozeduren übernehmen es dabei, — je nach Aufgabenstellung, Bedeutung und/oder auslösender *Situation* — diese Basiskomponenten so zu reorganisieren, daß sie als konzeptuelle Zusammenhänge überhaupt in Erscheinung treten und als Wege oder Leitungsbahnen nachfolgender Verarbeitung zur Verfügung stehen. Was daher zunächst als ein Nachteil der *verteilten* Bedeutungsrepräsentation im Modell des *semantischen*

¹⁸Quillian (1968); Collins/Loftus (1975)

Hyperraums erschien, erweist sich nun im Hinblick auf die Modellierung der *dynamischen* Veränderbarkeit von begrifflich-konzeptuellen Zusammenhangsstrukturen als ein Vorteil gegenüber den traditionellen *symbolischen* Repräsentationsformaten. Ungleich den vorgegebenen, präfixierten und unelastischen Strukturen semantischer Netze zur Modellierung prädikativen Wissens, können nicht-prädikative Bedeutungsrelationen als bloße *Dispositionen* konzeptueller Zusammenhänge aus lexikalischer *Relevanz* und semantischer *Dependenz* abgeleitet werden. Da sie in hohem Maße von *situativen* Bedingungen bestimmt sind, lassen sie sich besser *prozedural* modellieren, und zwar durch generative Algorithmen, die derartige *dispositionellen Dependenzstrukturen (DDS)* aufgrund sich verändernder Basisdaten immer erst dann induzieren, wenn sie benötigt werden. Das wird erreicht durch Aufruf einer rekursiv definierten Prozedur, die Hierarchien von Bedeutungspunkten als Baumgraphen unter bestimmten Aspekten generiert, je nach *Dependenz* und *Relevanz* der darin repräsentierten Bedeutungszusammenhänge.

6.2 Anders als in vergleichbaren Wissens- und Gedächtnismodellen, in denen die Knoten einzelne Konzepte und die Kanten die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen dessen repräsentieren, was die Modellbauer über Aufbau und Struktur konzeptueller Informationen im Gedächtnis zu wissen meinen¹⁹, kann das hier vorgestellte zweistufige Modell die vorgegebene, strukturelle Statik traditioneller Wissensrepräsentationen durch geeignete Verarbeitungsprozeduren ergänzen und ersetzen. Diese könnten sich dabei als geeignet erweisen, nicht nur die Struktur der Basisdaten, sondern diese selbst insofern zu verändern, daß die auf ihnen operierenden, im übrigen unveränderten Prozeduren gleichwohl zu kontinuierlich modifizierten Resultaten führen.

So wurde beispielsweise ein Algorithmus gefunden, der auf den Daten des *semantischen Hyperraums* operiert und dessen konzeptuell verbundene Elemente, d.h. unscharfe Teilmengen von benachbarten Bedeutungspunkten als Baumstrukturen semantisch *abhängiger* Bedeutungspunkte reorganisiert, welche die unter einem konzeptuellen Aspekt (*Wurzelknoten*) jeweils *relevanten* Zusammenhänge (*Nachfolgerknoten*) darstellt.

Der rekursiv aufgebaute Algorithmus ermittelt dabei — je nach Lage des Bedeutungspunkts, von dem er gestartet wird und je nach Größe der Distanzen zwischen den Bedeutungspunkten, die er abarbeitet — ein Fragment des im *semantischen Hyperraum* repräsentierten lexikalisierten Wissens. Zwischen dessen Elementen wird dabei eine reflexive, nicht-symmetrische Abhängigkeitsrelation induziert, die den Baumgraph zu generieren erlaubt. Dessen Knoten bilden jene *Bedeutungspunkte*, die der Algorithmus nach abnehmender *Relevanz* zum Wurzelknoten bemißt (*Kriterialitätswerte*) und anordnet (*Dependenzrelation*). Diese Bäume liefern die — je nach variierenden Wissensbasen, Kontexten und Aspekten — unterschiedlichen, dabei veränderlichen *semantischen Dispositionen* (Abb. 1). Sie bilden die *perspek-*

¹⁹Schank 1982

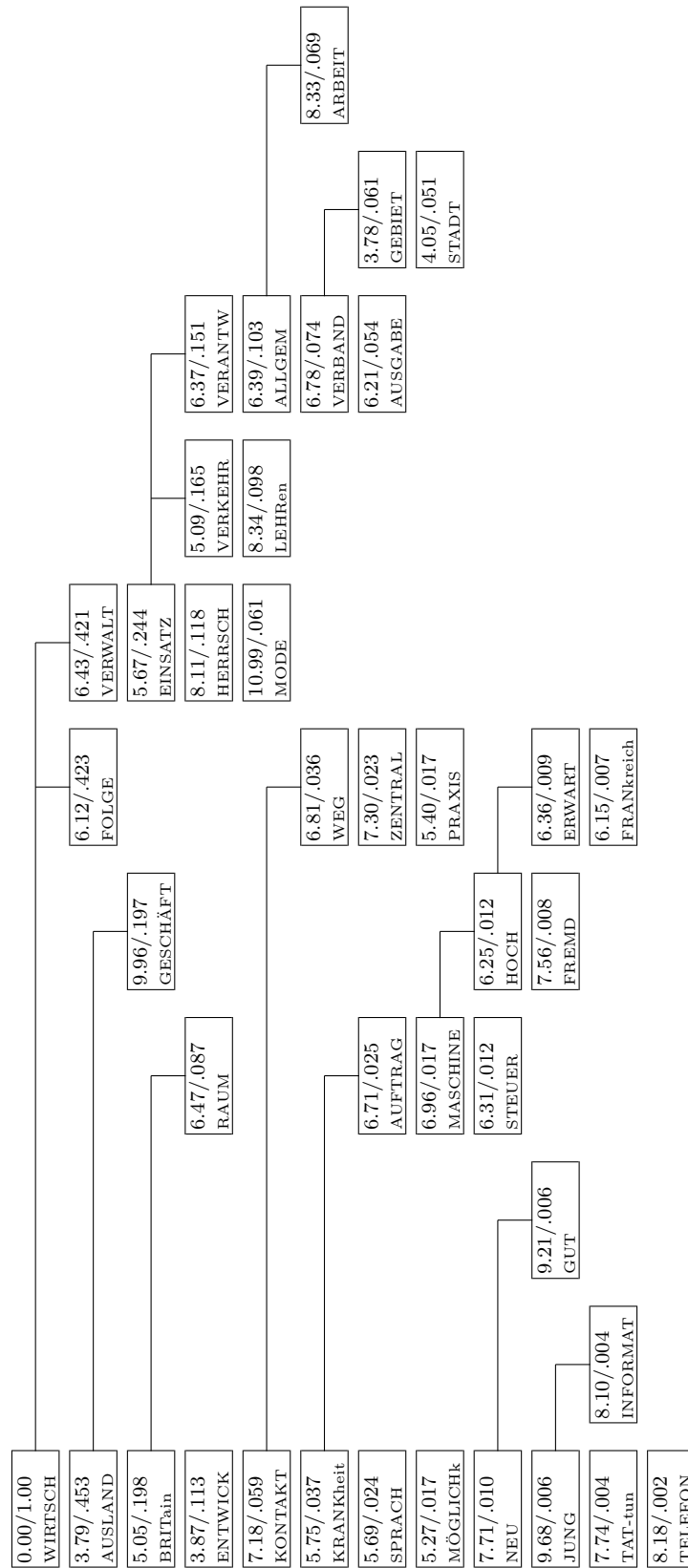


Abbildung 1: Dependenzstruktur der *semantischen Dispositionen* $DDS(z_i)$ von $i =$ WIRTSCHAFT mit *Kriterialitäten* (1. Wert) und *Distanzen* (2. Wert) im *semantischen Hyperraum* $\langle S, \delta_2 \rangle$ berechnet anhand eines Textcorpus der Tageszeitung DIE WELT Jg. 1964 (Stichprobe: 175 Texte; 365 Worttypen; rund 7000 Worttoken)

tivischen, je nach inhaltlichem Aspekt variierenden Zusammenhängen zwischen Bedeutungspunkten als konzeptuelle Komponenten auf eine Modellstruktur ab, welche die — je nach Aspekt — unterschiedliche, konzeptuelle Relevanz gleicher Lexeme in verschiedenen Bedeutungs- und/oder Interpretationszusammenhängen als Modelleigenschaft abzulesen gestattet.

6.3 Semantische Dispositionen in Form von *DDS*-Bäumen sind aber nicht nur eine Voraussetzung für die erfolgreiche Automatisierung *perspektivischer* und *inhaltsgesteuerter* Such- und Retrieval-Prozesse, die derart auf semantischen *Hyperraum-Strukturen* durchgeführt werden können. Wegen der prozeduralen Definition der *DDS*, die die Ermittlung veränderlicher, konzeptueller Abhängigkeiten von lexikalisch identischen Knoten in Dependenzbäumen unter unterschiedlichen, perspektivischen Aspekten erlaubt, können diese *dynamischen Strukturen* dispositioneller Abhängigkeiten darüber hinaus als Grundlage dienen zur Modellierung konzeptueller, vor-prädikativer und *semantischer* Folgerungen im Unterschied zu propositionalen, prädikativen und *logischen* Schlüssen, die *statischen Regeln* folgen.

Hierzu wurde eine Prozedur entwickelt und getestet, die gleichzeitig auf zwei (oder mehr) *DDS*-Bäumen in einer Art (simulierter) Parallelverarbeitung operiert. Der Algorithmus wird dabei durch Eingabe der Namen von zwei (oder mehr) Bedeutungspunkten gestartet, die als quasi *konzeptuelle Prämissen* fungieren. Die ihnen entsprechenden *DDS*-Bäume werden aus den Bedeutungspunkten des *semantischen Hyperraums* Knoten für Knoten generiert, während die eigentliche Folgerungsprozedur diese beiden (oder mehr) Teilbäume (*breadth-first*, *depth-first* oder nach *höchster Kriterialität*) abarbeitet, wobei jeder abgearbeitete Knoten und der ihm entsprechende Bedeutungspunkt markiert wird. Die Verarbeitungprozedur kommt zu einem Halt, sobald ein schon markierter Bedeutungspunkt angetroffen wird, dessen entsprechender Knoten im Baum einer (der) anderen Prämisse(n) schon markiert wurde. Er gilt als *konzeptuelle Konklusion*, von dem aus die Pfade zurück zu den jeweiligen *konzeptuellen Prämissen* die *inhalts-semantischen* Folgerungsschritte erkennen lassen, die — von den Startknoten aus — entlang der hierzu aktivierten *semantischen Dependenz* (wie in *Tab. 2*) zu dem betreffenden *inhalts-semantischen Schluß* geführt haben.

UNTERNEHM	0.0/1.000	← Prämisse ⇒	0.0/1.000	WIRTSCHAFT
STADT	5.57/.428			
GEBIET	4.05/.239		6.43/.421	VERWALT
VERBAND	3.78/.144		5.62/.244	EINSATZ
ALLGEMEIN	6.78/.076			
Konklusion ⇒		6.39/.046	VERANTWORT	6.37/.151
				← Konklusion

Tabelle 2: *Inferenzpfade* von UNTERNEHM und WIRTSCHAFT auf VERANTWORT

7 Aufgabe und Ausblick

Auf der Basis des bisher grundlagentheoretisch erarbeiteten *kognitiv-semiotischen* Modells zur (algorithmischen) Analyse und Repräsentation von (vor-prädikativen) Bedeutungen in Texten bieten sich die besonderen (formalen und inhaltlichen) Modelleigenschaften an, die lexikalisch-semantischen Beziehungen als Teil des in natürlich-sprachlichen Texten vermittelten, konzeptuellen Wissens nicht mehr auf ein (statisches) Netzwerk vorgegebener Konzeptstrukturen abzubilden, sondern als eine Sammlung von Prozeduren darzustellen, deren Operationen auf einer Menge von strukturierten Basisdaten (dynamisch) sich ändernde, variable Verarbeitungsergebnisse liefern, welche die Menge und Struktur dieser Basisdaten selbst zu verändern vermögen.

Anders als in den (propositionalen) Formaten zur (prädikativen) Bedeutungs- und Wissensrepräsentation der bisherigen KI-Forschung werden die skizzierten Prozeduren als *zeitkritische* Algorithmen unterschiedlicher (z.T. noch zu testender) Aufgabenstellungen und Operationscharakteristiken weiterzuentwickeln sein,

- ▷ welche semantische Beziehungen zwischen Konzepten nicht voraussetzen müssen, sondern diese induktiv aus den Strukturen der analysierten Corpora als Funktion des Gebrauchs von Wörtern in Texten zu berechnen gestatten;
- ▷ welche — durch die Trennung von Basisstruktur und den auf dieser Basis operierenden Prozeduren — es erlauben, semantische Beziehungen zwischen den *stereotypischen* Repräsentationen (*Bedeutungspunkten* im *semantischen Hyperraum*) von deren — je nach Aspekt, Perspektive, Kontext — variablen konzeptuellen Abhängigkeiten untereinander zu unterscheiden;
- ▷ welche — auf der Grundlage dieser konzeptuellen Hierarchien und der sie aktivierenden Prozeduren — *assoziativ-analogen* im Unterschied zu *deduktiv-logischem* Schließen als *semantische Inferenzen* modellieren;
- ▷ welche schließlich — durch ihre teils rekursiven, teils rückbezüglichen Strukturen — die Resultate solcher Verarbeitungsprozesse eben diesen Verarbeitungsprozessen zu unterwerfen vermögen.

Diese Prozeduren werden den Kern bilden für das *TESKI*-System²⁰ zum "orientierenden Verständnis" von natürlich-sprachlichen Texten eines Sachgebiets, das den Systembenutzern ermöglichen soll, sich aufgrund von Anfragen zu frei wählbaren Stichwörtern, Begriffen, etc. über konzeptuelle Zusammenhänge zu informieren, die vom System unter diesen (oder anderen semantisch relevanten) Stichwörtern durch die Verarbeitung der Texte dieses Gegenstandsbereichs (als seinen *semantischen Hyperraum*) aufgebaut und — Aspekt-abhängig nach Kriterien inhaltlicher Zusammengehörigkeit geordnet — in Form dynamischer, dispositioneller Dependenzstrukturen (*DDS*) ausgegeben werden.

²⁰Rieger (1988)

Eine sich anpassende Veränderung der Basisstruktur ist durch kontinuierliche Hinzunahme jeweils neuer Primärtexte ebenso möglich, wie durch Rückkopplung (*Updating*), was über die Verarbeitung der Abfrage-Antwort-Dialoge geschehen soll. Für deren Analyse kann das System die gleichen textanalytischen Verfahren einsetzen, wie beim automatischen Aufbau des *semantischen Hyperraums*, was eine System-immanente, Benutzer-abhängige Relevanz-Steuerung des Lernens/Vergessens von in der sprachlichen Umgebung des Systems erkennbaren Konzepten erlaubt. Mit seiner stereotypischen Repräsentation von vagen Bedeutungen lexikalischer Einheiten und den aus diesen durch konzeptuelle Abhängigkeiten aufgebauten *semantischen Dispositionen* werden darüber hinaus Beziehungen zwischen Bedeutungsrepräsentationen generiert, welche die in den vom System verarbeiteten Texten enthaltenen *relevanten* Informationen — je nach semantischer Perspektive und inhaltlichem Aspekt der Benutzer-Anfrage — inhaltlich re-organisiert und variabel darbieten.

Erste, gewiß noch vorläufige Resultate aus Versuchen mit Teilimplementationen sind inzwischen so ermutigend, daß die Entwicklungsarbeit — durch industrielle Anwender unterstützt — verstärkt auch im Rahmen jener *konnektionistischen* Neuansätze fortgesetzt werden, die das kognitive Verhalten *natürlicher* sprachverarbeitender Systeme in bezug auf fehlerhafte, unsichere bzw. unscharfe Bedeutungen (und deren Repräsentationen) sowie auf Vorgänge des Erkennens, Identifizierens, Lernens und Veränderens von solchen Bedeutungen (und deren Repräsentationen) anhand *künstlicher* dynamischer, selbst-regulierender und reflexiver Systeme studieren.

Literatur

- BARWISE, J./PERRY, J. (1983): *Situations and Attitudes*. Cambridge, MA (MIT Press)
- COLLINS, A.M./LOFTUS, E.F. (1975): "A spreading activation theory of semantic processing." *Psychological Review* 6: 407–428
- HEIDEGGER, M. (1927): *Sein und Zeit*. Tübingen (M. Niemeyer) ¹⁰1963
- KEMKE, C. (1988): "Der Neuere Konnektionismus. Ein Überblick", *Informatik-Spektrum* 11: 143–162
- MATURANA, H.R. (1978): "Biology of Language. The epistemology of reality" in: Miller, G.A./Lenneberg, e. (Hrsg): *Psychology and Biology of Language and Thought*. NewYork (Academic Press), S. 27–64
- NORVIG, P. (1987): *Unified Theory of Inference for Text Understanding*. (EECS-Report UCB/CSD 87/339) University of California, Berkeley
- QUILLIAN, M.R. (1968): "Semantic Memory" in: Minsky, M. (Hrsg): *Semantic Information Processing*. Cambridge (MIT Press), S. 216–270
- RIEGER, B. (1977): "Bedeutungskonstitution. Einige Bemerkungen zur semiotischen Problematik eines linguistischen Problems", *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik* 27/28: 55–68

- RIEGER, B. (1981): "Feasible Fuzzy Semantics." In: Eikmeyer, H.J./Rieser, H. (Hrsg): Words, Worlds, and Contexts. New Approaches in Word Semantics. Berlin/NewYork (de Gruyter), S. 193–209
- RIEGER, B. (1985): "Lexical Relevance and Semantic Disposition. On stereotype word meaning representation in procedural semantics." in: Hoppenbrouwes, G./Seuren, P./Weijters, T. (Hrsg): Meaning and the Lexicon. Dordrecht (Foris), S. 387–400
- RIEGER, B. (1987): "Wissensrepräsentation und empirische Semantik. Aufgaben der Computerlinguistik?" in: Pasternak, G. (Hrsg): Theorie und Empirie. Ringvorlesung des Zentrum Philosophische Grundlagen der Wissenschaft der Universität Bremen. Bremen (UP), S. 99–149
- RIEGER, B. (1988): "TESKI – A natural language TExt-SKImmer for shallow understanding and conceptual structuring of textually conveyed knowledge." LDV/CL-Report 10/88, FB II: Linguistische Datenverarbeitung, Universität Trier
- RIEGER, B. (1989a): Unschärfe Semantik. Die empirische Analyse, quantitative Beschreibung, formale Repräsentation und prozedurale Modellierung vager Wortbedeutungen in Texten. Frankfurt/Bern/Paris (P. Lang) 1989
- RIEGER, B. (1989b): "Computerlinguistik und Verstehenstechnologie. Zur Abschätzung ihrer Aufgaben und möglichen Folgen" in: Gatzemeier, M. (Hrsg): Verantwortung in Wissenschaft und Technik. Mannheim/Wien/Zürich (B.I. Wissenschaftsverlag) [im Druck]
- RIEGER, B./THIOPOULOS, C. (1989): "Situations, Topoi, and Dispositions. On the phenomenological modelling of meaning", in: Retti, J./Leidlmair, K. (Hrsg): Proceedings: 5. Österreichische Artificial-Intelligence-Tagung, Innsbruck-Igls März 1989, (Informatik-Fachberichte 208), Berlin/Heidelberg/New York (Springer), S. 365–375
- SCHANK, R.C. (1982): Dynamic Memory. A Theory of Reminding and Learning in Computers and People. Cambridge/London/New York (Cambridge UP)
- WINOGRAD, T./FLORES, F. (1986): Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design. Norwood, NJ (Ablex Publishing)
- WITTGENSTEIN, L. (1969): Über Gewißheit - On Certainty. New York/San Francisco/London (Harper & Row), [No.61–65], S. 10e
- ZADEH, L.A. (1965): "Fuzzy sets." *Information and Control* 8: 338–353