

Sprachverstehende Computer

Maschinelle Verarbeitung der deutschen Sprache in der Künstlichen Intelligenz

von Barbara Gängler und Ipke Wachsmuth

Die meist nur 'Kö' genannte Königsallee, Düsseldorfs elegante Einkaufs- und Flanierstraße, verläuft in nordsüdlicher Richtung vom Corneliusplatz zum Graf-Adolf-Platz. Sie ist etwa einen Kilometer lang und wurde im Jahre 1804 angelegt. Wenn Sie zu Fuß dorthin kommen wollen, wenden Sie sich, wenn Sie aus dem Hotel heraustreten, nach links und folgen der Grabenstraße, die nach etwa 100 Metern in die 'Kö' mündet." Diese Informationen und noch viele andere über Düsseldorf, angefangen von beliebigen Wegbeschreibungen quer durch die Altstadt, Informationen über Sehenswürdigkeiten wie Lambertuskirche und Schloßplatz oder die Bronzeplastik 'Schreitendes Mädchen' von Gerhard Marcks, die Öffnungszeiten der Museen, Kneipentips und Menüpreise stammen nicht etwa von einem freundlichen Hotelportier. Das Szenario ist ein anderes: Im Foyer eines Düsseldorfer Hotels steht ein Computer, dem Gäste in freiformulierter deutscher Sprache Fragen über touristische Attraktionen der Stadt stellen können ...

In einem fünfjährigen großen Forschungsprojekt, gemeinsam betrieben von IBM und mehreren bundesdeutschen Hochschulen¹, hat eine Bielefelder Forschungsgruppe daran mitgearbeitet, ein so angelegtes sprachverarbeitendes Computersystem zu entwickeln. Das System extrahiert selbständig den Sinngehalt aus touristischen Texten und beantwortet Fragen über Sehenswürdigkeiten, Verkehrsverbindungen und die Düsseldorfer Gastronomie. Mit diesem Bericht über das LILOG-Projekt soll ein Einblick in ein spannendes und herausforderndes Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz gegeben werden.

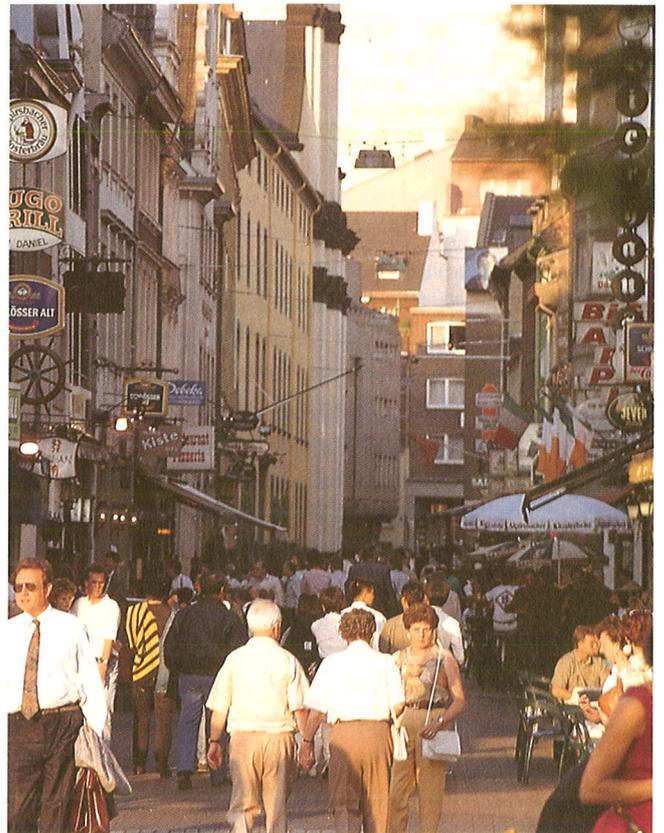


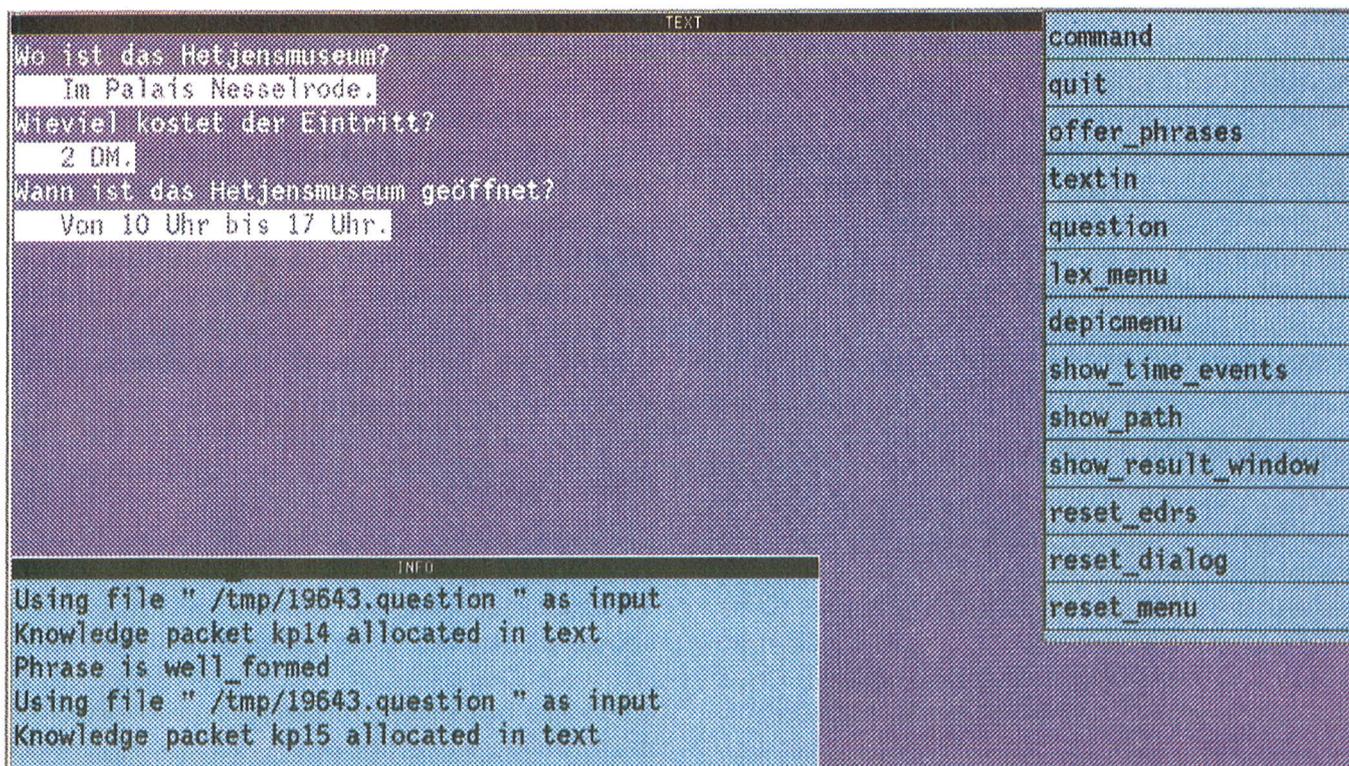
Abb. 1: Eine Szene aus der Düsseldorfer Altstadt. Düsseldorf ist berühmt für seine malerische Altstadt. Stellen Sie sich vor, Sie wollten bei einem Besuch dieser Stadt Auskünfte über bestimmte Sehenswürdigkeiten haben und herausfinden, wie Sie dorthin gelangen können. Der Hotelportier ist gerade beschäftigt. Aber in der Hotelhalle steht ein Computer, dem Sie Ihre Fragen in freiformulierter deutscher Sprache eingeben können, und der über genügend Sprachverstand und Wissen verfügt, diese Fragen zu Ihrer Zufriedenheit zu beantworten ... Noch ist ein solches Szenario Zukunftsvision, aber die Forschung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz ist ihrer Verwirklichung ein großes Stück näher gekommen.

Der 'Dialog mit dem Computer' ist heute für viele eine vertraut gewordene Ausdrucksweise, um deren Rechtfertigung sich allenfalls Philosophen Gedanken machen. Es ist auch recht einfach, mit einem Computerprogramm Dialogfähigkeit und Sprachverständnis vorzugaukeln. Das Programm ELIZA etwa, in den siebziger Jahren von dem amerikanischen Wissenschaftler Joseph Weizenbaum entwickelt, imitiert einen Psychotherapeuten im Gespräch mit einem Patienten, indem es auf einfachste Weise Versatzstücke miteinander kombiniert (Patient: "Ich bin traurig." ELIZA: "Warum sind Sie traurig?"). In der Künstlichen Intelligenz geht es jedoch um weit mehr: Mit Hilfe präziser, computerabläuffähiger Modelle sollen kognitive Fähigkeiten des Menschen, z.B. das Beweisen mathematischer Sätze

oder eben das Verstehen von menschlicher Sprache, einer naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise erschlossen werden.

Künstliche Intelligenz und Sprachverstehen

Die Computersimulation kognitiver Fähigkeiten gilt als ein neues Erkenntnismittel, mit dem sich explizit vorführen läßt, wie die verschiedenen Teile einer Theorie über bestimmte Intelligenzleistungen zusammenwirken. Wenn wie im LILOG-Projekt versucht wird, mit dem Computer den Sinngehalt deutschsprachiger Texte zu erschließen, so tragen die dabei gewonnenen Erkenntnisse zu einem Verständnis der Natur des Sprachverstehens bei. Dabei sind die technischen



Im Palais Nesselrode ist das Hetjensmuseum, das 1909 eröffnet wurde, untergebracht. Es befindet sich an der Ecke Schulstraße und Hafestraße. Die Keramiksammlung des Hetjensmuseums umfaßt zehntausend Objekte. Der Eintritt der Ausstellung, die von 10 Uhr bis 17 Uhr geöffnet ist, beträgt 2 DM.

Abb. 2: So präsentiert sich das sprachverstehende LILOG-System dem Benutzer. Das System bezieht seine Informationen aus kurzen Reiseführertexten, die in natürlicher Sprache eingegeben werden (Textausschnitt unten, auf dem Bildschirm nicht sichtbar). Wenn Benutzeranfragen kommen, zieht das System selbständig Schlüsse aus diesen Texten. In diesem Beispiel muß von der Öffnungszeit der Ausstellung, die sich im Museum befindet, auf die Öffnungszeit des Museums selbst geschlossen werden: Es muß eine Information gefunden werden, die im eingelesenen Text explizit gar nicht enthalten ist.

axiom	lambertus_1
forall	K: Kirche, TS: Turmspitze;
exists	KT: Kirchturm;
EP	element (K,TS)
	→
	element (K,KT) and
	element (KT,TS).

Abb. 3: Eine der über 350 Regeln, die es dem LILOG-System gestatten, Schlußfolgerungen aus eingegebenen Texten zu ziehen. Sobald in einem Text von einer Kirche mit einer Turmspitze die Rede ist, zieht das System mit Hilfe dieser Regel selbständig den Schluß, daß zu der Kirche ein Kirchturm gehört und daß es dessen Spitze ist, über die etwas ausgesagt wird.

Zielsetzungen und Motivationen der Forschungsgruppen, die auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz tätig sind, (mit wenigen Ausnahmen) nicht auf den 'Nachbau' des Menschen gerichtet, auch wenn sprachverstehende Computer durchaus das Selbstverständnis des Menschen auf die Probe stellen könnten. In der Tat geht es viel eher darum, den Computer an die Bedürfnisse des Menschen anzupassen, ihn etwa durch Kommunikationsmöglichkeiten in natürlicher(er) Sprache in Zukunft einfacher als Hilfsmittel zum Lösen verschiedenster Aufgaben nutzen zu können.

Linguistik und Logik: LILOG

Die Abkürzung LILOG steht für 'Linguistische und logische Methoden zum maschinellen Verstehen des Deutschen'. Über fünf Jahre haben Forschungsgruppen aus Linguistik und Logik, Informatik und Künstlicher Intelligenz an diesem Thema über die Grenzen ihrer Disziplinen hinweg zusammengearbeitet. Dabei interessierte es nicht so sehr, ob die Sprache über ein Mikrofon oder – wie im LILOG-Projekt – über eine Tastatur an das System kommuniziert wird, sondern die Aufgabe bestand darin, dem Computer das nötige Rüstzeug zu vermitteln, damit er Texte dem Sinn nach verarbeiten und selbständig Schlüsse daraus ziehen kann. Nun wäre es vermessen, einen Computer konstruieren zu wollen, mit dem man sich über beliebige Themen – vom Wetter über das Schachspiel bis zur Poesie – unterhalten kann. Man muß einen geeigneten 'Weltausschnitt' wählen, der hinreichend klein und begrenzt ist, damit er auf dem Computer modelliert

werden kann, aber dennoch so komplex, daß er alle Eigenschaften eines 'natürlichen' Weltausschnitts besitzt. Das oben geschilderte Szenario 'touristische Attraktionen in Düsseldorf' ist von dieser Art.

Voraussetzung für Verstehen: Wissen

Sprachverstehen setzt bei menschlichen Gesprächspartnern – neben der Kenntnis des grammatischen Aufbaus der Sprache – immer schon die Kenntnis vieler Fakten und Zusammenhänge voraus, die sie im Laufe ihres Lebens als 'Weltwissen' erworben haben. Entsprechend war es notwendig, das LILOG-System zunächst mit entsprechendem Wissen über den Szenario-Weltausschnitt auszustatten, auf dessen Basis dann eingegebene Texte mit dem Ziel einer semantischen Repräsentation verarbeitet werden können. Dazu gehörte zunächst einmal konzeptuelles Wissen über die Domäne – die 'Ontologie' – und weiterhin ein Inventar an Regeln, nach denen dieses Wissen auf aktuelle Anforderungen zugeschnitten werden kann: Zusammenhänge, die ein Hörer sofort versteht, weil er Weltwissen angesammelt hat, müssen für das System beschrieben und verfügbar gemacht werden. Die Aufgabe des Bielefelder Teams war es, konzeptuelle Strukturen und ein Inventar an Regeln für das sprachverarbeitende Computersystem zu entwickeln und dem System eine entsprechende Wissensbasis aufzubauen.

Konzeptwissen

Das Verstehen einer Sprache erfordert Wissen über die Bedeutungen der Wörter und die dadurch bezeichneten Dinge in der Welt, wie es Menschen im Laufe des Lebens ansammeln: Gleichgültig, ob ein Wort 'Apfelsine' oder 'Orange' lautet – Menschen haben gelernt, damit eine bestimmte Fruchtart zu verbinden. Sie haben weiter gelernt, daß diese Frucht zur allgemeineren Kategorie der Zitrusfrüchte gehört und daher alle die Eigenschaften aufweist, die allen Zitrusfrüchten eigen sind. Das LILOG-System mußte mit solchem Konzeptwissen ausgestattet werden, um das Verstehen von Wortbedeutungen simulieren zu können. Allein das oben beschriebene Szenario führte zu einer Wissensbasis, die (in einer attribuierten Sortenlogik beschrieben) über 600 Konzepte mit deren Eigenschaften und Beziehungen untereinander enthält (Abb. 4). Es ist leicht vorstellbar, daß die Erstellung

Das Wissen über die Welt als hierarchische Strukturierung von Begriffen – hier ein Ausschnitt aus den unbelebten Objekten

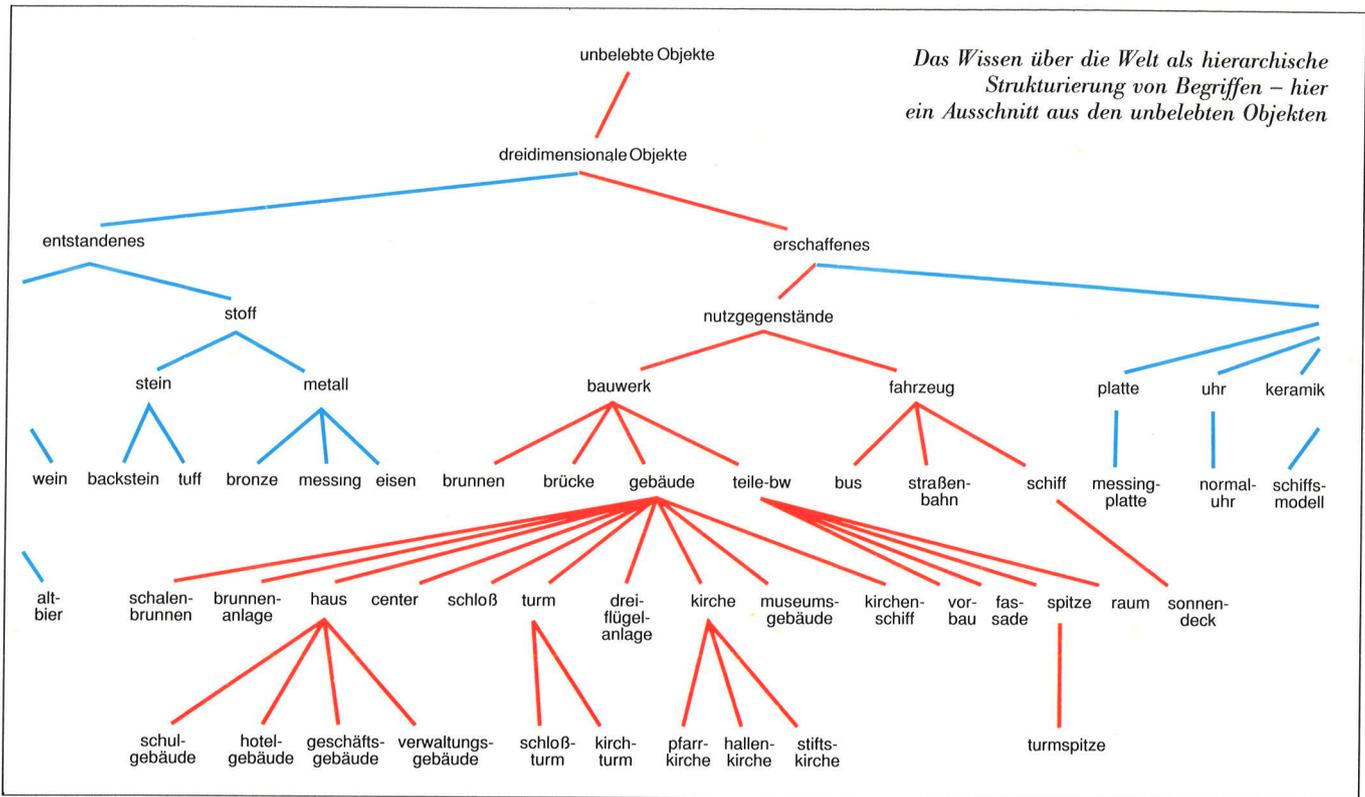


Abb. 4: Ein Ausschnitt aus dem Begriffsnetz der Wissensbasis des LILOG-Systems. In der Wissensbasis eines sprachverstehenden Systems müssen eine Vielzahl von Begriffen über Dinge und Ereignisse in der Welt miteinander in Beziehung gesetzt werden, damit die Zuordnung von Wort und Bedeutung gelingen kann.

eines solchen Begriffsnetzes eine Vielzahl von Schwierigkeiten birgt, muß es doch dem allgemeinen Sprachverständnis möglichst umfassend Rechnung tragen.

Regelwissen

Neben der Ontologie braucht das System ein Regelinventar, mit dessen Hilfe mittelbare Zusammenhänge erschlossen werden können. Ein Satz wie "Eine Besonderheit der Lambertuskirche ist die verdrehte Turmspitze" setzt implizit das Wissen darüber voraus, daß Kirchen normalerweise Kirchtürme haben und daß sich die 'verdrehte Turmspitze' der Lambertuskirche auf den Kirchturm dieser Kirche bezieht. Explizit erwähnt wird der Kirchturm in diesem Satz nicht. Trotzdem sollte das System auf eine Frage wie "Welcher Kirchturm hat eine verdrehte Spitze?" die richtige Antwort geben können. Dieses einfache Beispiel macht deutlich, in welcher Detailliertheit implizite Zusammenhänge in unserer alltäglichen Kommunikation wirksam sind. Für das LILOG-System mußten sie möglichst

umfassend aufgespürt und in Form von 'wenn-dann'-Regeln zur Verfügung gestellt werden. Trotz der Einschränkung auf unser begrenztes Szenario mußten über 350 solcher Regeln in die Wissensbasis aufgenommen werden (Abb. 3).

Wissensstrukturierung

Es liegt auf der Hand, daß das System um so leistungsfähiger wird, je mehr Konzepte und Regeln ihm zur Verfügung stehen. Deshalb benötigt man einen mächtigen Rechner, denn der Bedarf an Speicherplatz und Verarbeitungsgeschwindigkeit ist enorm. Dennoch entstanden bei der Suche nach den für den aktuellen Verstehensprozeß benötigten Informationen nicht selten längere Wartezeiten. Ein Ansatz zur Einschränkung dieser Suchprozesse wurde von der Bielefelder Forschungsgruppe ausgearbeitet. Ausgangspunkt war die Beobachtung, daß Menschen nicht zu jedem Zeitpunkt ihr gesamtes Wissen benutzen, sondern je nach Kontext nur die relevanten Auszüge heranziehen. Ent-

sprechend müßten z.B. bei einer Anfrage über eine Sehenswürdigkeit tendenziell nur diejenigen Teile der Wissensbasis durchsucht werden, die Einträge zu diesem Themengebiet enthalten. Ein solcher selektiver Zugriff stellt hohe konzeptionelle und technische Anforderungen, für die erste technische Lösungen entwickelt werden konnten.

Erst ein Anfang ...

Das Verstehen und Verarbeiten von natürlicher Sprache stellt die größte Herausforderung an die Künstliche Intelligenz dar. Mit dem LILOG-Projekt sind beachtliche Fortschritte nicht allein in der linguistischen Bewältigung eines erheblichen grammatischen und lexikalischen 'Fragments' der deutschen Sprache erzielt worden, sondern auch bei der operationalen Darstellung umfangreicher Wissensdomänen und bei den dafür erforderlichen Wissensstrukturierungen und Schluß-techniken. Dennoch sind viele Probleme erst in Ansätzen gelöst und bleiben Gegenstand weiterer Forschung. Erkenntnisfortschritte sind für künftige Erfolge dieser Disziplin insgesamt wichtig, weil die Sprachfähigkeit eine zentrale Rolle innerhalb der menschlichen Intelligenz spielt.

1 An diesem Forschungsprojekt waren die Universitäten Bielefeld, Hamburg, Osnabrück, Saarbrücken, Stuttgart und Trier beteiligt. Die Aufgabe des Bielefelder Teams, dem außer den Autoren noch die Studenten Marianne Greten und Thomas Linke angehörten, war es, konzeptuelle Strukturen und ein Inventar an Regeln für das sprachverarbeitende Computersystem zu entwickeln und dem System eine entsprechende Wissensbasis aufzubauen. Das Projekt wurde von IBM Deutschland unterstützt.

Literatur:

- Barbara Gängler, Ipke Wachsmuth (1992): Antwortgenerierung, flexible Wortwahl und elaborative Inferenzen – ein Regelinventar für LEU/2. In: Gudrun Klose, Ewald Lang und Thomas Pirlein (Hrsg.): *Ontologie und Axiomatik von LILOG* (S. 179 – 195). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (Informatik-Fachberichte 307).
- Ipke Wachsmuth, Barbara Gängler (1991): Knowledge Packets and Knowledge Packet Structures. In: Otthein Herzog und Claus-Rainer Rollinger (eds.): *Text Understanding in LILOG: Integrating Computational Linguistics and Artificial Intelligence* (pp. 380 – 393). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (Lecture Notes in Artificial Intelligence 546).



Barbara Gängler studierte Linguistik und vergleichende Sprachwissenschaft an der Universität Tübingen. Danach absolvierte sie eine Ausbildung zur Systemtechnologin 'Knowledge Engineering' in Berlin, wo sie sich mit

verschiedenen Teilgebieten der Künstlichen Intelligenz vertraut machte. Anschließend war sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin beim LILOG-Projekt an der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld. Seit Dezember 1992 arbeitet Frau Gängler in der Informatik-Redaktion des Springer-Verlags, Heidelberg.



Prof. Dr. Ipke Wachsmuth studierte Mathematik und Informatik an der Technischen Universität Hannover, wo er 1980 mit einer Dissertation über Zellulardatenbanken promoviert wurde. Von 1978 bis 1985 war er Wissenschaft-

licher Assistent an der Universität Osnabrück im Bereich Didaktik und Grundlagen der Mathematik. In dieser Zeit befaßte er sich mit Problemen der Modellierung von Wissensrepräsentation und Wissensakquisition. Von 1981 bis 1983 hielt er sich als Co-principal Investigator eines von der National Science Foundation geförderten Projekts zur Lernforschung in den USA auf und war gleichzeitig Assistant Professor an der Northern Illinois University. 1986 wurde er Hochschulassistent für Informatik an der Universität Osnabrück mit den Arbeitsschwerpunkten Künstliche Intelligenz/Wissensrepräsentation. Von 1986 bis 1988 war er Gastforscher bei IBM Deutschland und wirkte dort an der Entwicklung eines prototypischen Systems zum maschinellen Verstehen der menschlichen Sprache mit. 1989 habilitierte er sich an der Universität Osnabrück; im gleichen Jahr wurde er auf eine Professur für Wissensbasierte Systeme (Künstliche Intelligenz) an der neugegründeten Technischen Fakultät der Universität Bielefeld berufen. Professor Wachsmuth ist Gründungsmitglied des VDI-Ausschusses 'Künstliche Intelligenz' im Bereich 'Mensch und Technik'. Seine Forschungsschwerpunkte liegen gegenwärtig auf wissensbasierter Sprachverarbeitung und bei Expertensystemen im Bereich der Biomedizin.