

Zur maschinellen Rekonstruktion natürlich-sprachlicher Dialoge

0. Bereits 1965 legte R.F. Simmons einen ersten Überblick über maschinelle Frage-Antwort-Systeme vor; 1968 stellte M. Minsky eine Reihe von Arbeiten zur semantischen Informationsverarbeitung zusammen; und schon 1971 publizierte G. Ungeheuer das Basismodell der Linguistischen Datenverarbeitung als Problemlösungssystem mit natürlich-sprachlich fundiertem Kommunikationsprozeß. In der Zwischenzeit sind eine Vielzahl von Sprachverarbeitungssystemen entwickelt, vorgestellt und sogar in die Anwendung gebracht worden (Schank/Colby (1973), Bobrow/Collins (1975), Waltz (1977), Krallmann (1980), Metzging (1980)), deren Systemkonstruktion neben einer (zum Teil elaborierten) Sprachverstehens-Komponente eine Dialogkomponente ausweist, die einen sogenannten natürlich-sprachlichen Zugang zum System vorsieht, d.h. die Benutzung des (Informations-)Systems in natürlicher Sprache erlaubt. Gerade die Unmittelbarkeit der Mensch-Maschine-Kommunikation durch die Verwendung der natürlichen Sprache ist zugleich Forderung und Begründung für die Realisierung von Frage-Antwort- und Dialogsystemen innerhalb des Forschungsbereiches der 'Künstlichen Intelligenz' geworden (Kolvenbach/Lötscher/Lutz (1979), von Hahn (1979)).

Im folgenden wollen wir näher auf Prinzipien zur maschinellen Rekonstruktion natürlich-sprachlicher Dialoge eingehen, allerdings nicht in der Form, daß bestehende Systeme auf den Zusammenhang hin zwischen der Verwendung von natürlicher Sprache als Benutzersprache und linguistischer Verarbeitungskapazität untersucht werden. Vielmehr wollen wir zeigen, daß in bisher konzipierten oder realisierten Sprachverarbeitungs- und Dialogsystemen die Systemdialoge zwar natürlich-sprachlich fundiert bearbeitet werden, diese natürlich-sprachlichen System-Nutzer-Interaktionen aber dennoch nicht als natürlich-sprachliche Dialoge modelliert werden.

1. Die Beschäftigung mit natürlicher Sprache war im Bereich der 'Künstlichen Intelligenz' als Simulation sprachlicher Verhaltensweisen bereits früh Gegenstand der Forschung. Die ersten Systeme, die in bescheidenem Umfang natürliche Sprache als Eingabesprache für ein Computersystem zuließen, entstanden in den frühen sechziger Jahren mit BASEBALL,

STUDENT und SIR (Minsky (1968)). Inzwischen sind Systeme hoher Komplexität mit einer großen Sprachverarbeitungskapazität entwickelt worden (Krallmann (1980)); und es gibt kaum ein System, in dem das Problem der Verwendung der natürlichen Sprache keine Rolle spielt, sei es

- als Datenmanipulationssprache bei Datenbanksystemen
- als Abfragesprache bei automatischen Retrievalsystemen
- als Eingabesprache für computergestützte Informationssysteme
- oder als Sprachrepräsentation für Textverstehens- und Dialogsysteme.

Wenn auch auf den ersten Blick diese genannten Sprachverarbeitungssysteme offensichtlich unterschiedliche Systemkomponenten aufweisen, so läßt sich doch ein diesen Systemen allgemeiner Funktionszusammenhang von Sprachverarbeitungskomponenten unterlegen (Brecht (1978)):

$$NL \leftrightarrow RF \leftrightarrow INT \leftrightarrow QL \leftrightarrow DB.$$

Natürlich-sprachliche Eingaben (NL) werden in eine Repräsentationsform (RF) zur Darstellung von Wissen überführt; ein Interpreter (INT) stellt eine Verbindung her zwischen der Repräsentation von Sachverhalten (in RF) und – über eine Datenmanipulationssprache (QL) – zur Datenbank (DB). Zwar kann bei einem Systemvergleich nur in seltenen Fällen eine 1:1-Zuordnung zwischen den Funktionskomponenten des Schemas und Komponenten realisierter Systeme hergestellt werden, trotzdem muß in jedem Sprachverarbeitungssystem ein solcher Funktionszusammenhang in bzw. durch Systemkomponenten vergleichbar angelegt sein.

System-Nutzer-Interaktionen werden in bestehenden Sprachverarbeitungssystemen bislang aufgefaßt als natürlich-sprachliche Systemdialoge,

- a) durch die Sachverhalte vom Benutzer als Problemstellungen formuliert werden,
- b) in denen die Intention des Benutzers natürlich-sprachlich repräsentiert ist und
- c) durch die das System zur Reaktion aufgefordert ist.

Eine vom Benutzer formulierte sogenannte "Problemstellung" stellt in dieser Auffassung von Systemdialogen der Form nach eine präzise formulierte, eindeutige Aufforderung an das System dar, eine "Wissenslücke" des Benutzers zu füllen. Jede Formulierung von Problemstellungen wird dabei vom System als eine deklarative Sachverhaltsdarstellung mit imperativer Funktion zur Reaktion aufgefaßt. Die Formulierung *Nenne zwei*

Primzahlen zwischen 1 und 10 wird interpretiert als Aufforderung zur Systemreaktion: Nenne zwei beliebige Primzahlen.

Versucht man den Zusammenhang zwischen deklarativer Sachverhaltsdarstellung und imperativer Funktion systemrational zu fassen, ergibt sich folgender formaler Ausdruck:

$$R(A, B, \dots)$$

Hierbei bezeichnet R die imperative Funktion und A, B, ... etc. die Menge möglicher Reaktionsalternativen. Fragen sind danach eine spezifische Untermenge von deklarativen Sachverhaltsdarstellungen mit imperativer Funktion, die dadurch gekennzeichnet sind, daß die Reaktionsfunktion in ihnen nur indirekt vorkommt. *W-Fragen*, beispielsweise der Art: *Wie heißt der jetzige Bundeskanzler?* oder *Welche Städte liegen am Rhein?*, lassen sich dann ebenfalls systemrational darstellen als

$$R(? , B)$$

In diesem Ausdruck werden über R ein oder mehrere Alternativen als Systemreaktionen spezifiziert. So werden Frage-Antwort-Sequenzen im Systemdialog selbst im fragelogischen Sinn nicht als linguistische Frage-Antwort-Relationen bearbeitet, sondern systemrational reduziert auf Antwortbedingungen in Form von Mengenalternativen für bzw. von Systemreaktionen. Aus dieser Auffassung heraus ist es verständlich, daß Antworten auf *W-Fragen* nur aus einem oder mehreren Element(en) einer lediglich "gelisteten Wissensbasis" bestehen können.

Solange die linguistische Frage-Antwort-Relation nicht weiter interpretiert wird als durch "Wissensbasis"- oder Datenbank-orientierte Mengenalternativen bzw. -relationen, bleibt ein natürlich-sprachlicher Zugriff auf Datenbanken oder andere "Wissensbasen" einem formalen oder formatierten Zugang gleichgestellt.

2. An einigen Beispielen sollten typische Formulierungen von Problemstellungen in natürlich-sprachlichen Ansätzen zu Informations- und Datenbanksystemen vorgestellt werden. An ihnen soll die eher systemrationale Behandlung von Frage-Antwort-Sequenzen in Systemdialogen gezeigt werden, wodurch zugleich auch schon die Grenzen einer Dialogfähigkeit und -leistung in Art und Umfang angedeutet werden.

a) Innerhalb des Projektes 'Automatische Erstellung semantischer Netze' (ID 79-05) sind Fragen an ein Informationssystem zu bestimmten Anwendungsgebieten bzw. 'Mikrowelten' möglich; die natürlich-sprachliche Frage wird dabei in eine formale Repräsentation über-

führt, die Antwort des Systems besteht aus einer 'formatierten' Ausgabe von Systemdaten, die mit natürlich-sprachlichen Elementen angereichert ist.

Eine Frage-Antwort-Sequenz aus einer "Fabrikwelt" kann dann folgendermaßen aussehen:

Welche Lager liefern Input-Produkte, die von Input-Fabrik-2 produziert werden?

→ ES SIND STORE-1 UND STORE-2.

- b) Das Projekt 'PLIDIS' des Instituts für deutsche Sprache (Kolvenbach/Lötscher/Lutz (1979)) ist als Informations- und automatisches Überwachungssystem für den Bereich der Industrieabwasserüberwachung realisiert. Es läßt Fragen zur Betriebsüberwachung, Wasserverschmutzung und zu chemischen Laboruntersuchungsergebnissen zu. Ein Beispiel einer natürlich-sprachlichen Interaktion mit dem System hat die Form:

→ PLIDIS IST INTERAKTIONSBEREIT

Welche Proben von Lauxmann haben 1975 Grenzwerte überschritten?

→ PROBE

BETRIEB

75/11/29/14/00

GUENTHER-LAUXMANN

75/07/09/14/30

GUENTHER-LAUXMANN

75/02/27/13/00

GUENTHER-LAUXMANN

→ PLIDIS IST INTERAKTIONSBEREIT.

- c) Im System USL der IBM Heidelberg (Lehmann (1977)) werden die zu jeder Frage von der Datenbasisverwaltung erzeugten Antworten ebenfalls formatiert ausgegeben.

Ein Dialog hat dann folgende Beispielform:

Welcher erfahrene Mitarbeiter, der kein Manager ist, wohnt in Heidelberg?

→ GESUCHTES OBJEKT NICHT VORHANDEN

Welche erfahrenen Mitarbeiter wohnen wo?

→ PERSON

ORT

KOCH

BEI HEIDELBERG

SCHULZ

IN WIESBADEN

Ist Koch kein Manager?

→ DOCH.

d) Zum Abschluß sei ein Beispieldialog eines anwendungsorientierten natürlich-sprachlichen Datenbanksystems angeführt, das vom Artificial Intelligence Center in USA für die US-Navy entwickelt wurde (Hendrix/Sacerdoti/Sagalowicz/Slocum (1977)). Im System LADDER sind Daten über Kriegs- und Handelsschiffe, ihre Positionen und Operationsgebiete gespeichert.

Ein Dialog kann folgende Formen haben:

What is the current position of the Kennedy?

→ (POSITION 6000N03000W DATE 7601171200)

of Kitty Hawk?

→ TRYING ELLIPSIS: WHAT IS THE CURRENT POSITION OF KITTY HAWK?

(POSITION 3700N01700E DATE 7601171200)

Die Dialogverarbeitung von natürlich-sprachlich fundierten Systemdialogen wird in den genannten Systemen SEMANTISCHE NETZE, PLIDIS, USL, LADDER einseitig als eine Systemaufgabe für eine ausgearbeitete Sprachverstehenskomponente interpretiert, deren Kontur sich in zwei Sprachverarbeitungsleistungen vereinfachend zusammenfassen läßt:

- eine systemlinguistische Rekonstruktion von morphologischen, syntaktischen und referenzsemantischen Informationen aus der natürlich-sprachlichen Repräsentation von Systemdialogen (NL-RF);
- eine systemrationale Rekonstruktion von Frage-Antwort-Relationen aus der natürlich-sprachlichen Repräsentation von Systemdialogen (RF-DB).

J. Palme (1971) hat die Leistung derartiger Systeme dahingehend charakterisiert, daß sich die Sprach- und Dialogverarbeitung auf die Algorithmisierung aller und nur der Sätze eines Sprachsystems zu einer Frage-Antwort-Relation beschränke, die einer System-Nutzer-Interaktion mit formatierter Abfragesprache formal gleichgestellt bleibt.

3. Auch die Sprach- und Dialogverarbeitung in neueren Dialogsystemen der KI-Forschung wie z.B. PLANES und JET erweitert lediglich den angedeuteten Systemrahmen von Frage-Antwort-Relationen der bisherigen Sprachverarbeitungssysteme. Das Ziel dieser Systemkonstruktionen ist eine Erweiterung der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Benutzer und System.

Diese Erweiterung der Interaktionsmöglichkeiten zeigt sich zum Beispiel bei dem System PLANES (vgl. Waltz (1978) und dem System AUTO-

MATIC ADVISER (vgl. Tennant (1979)) darin, daß eine Erkennung und Auswertung von Fragen möglich wird im Hinblick auf:

- Angaben über die Datenbasis, ihre Struktur und Inhalte
- Angaben über das Lexikon des Systems
- Angaben zum Aufbau von Äußerungstexten
- Verweise auf Gesprächsgegenstände
- verifizierende oder resümierende Äußerungen
- Äußerungen, die eine mehrfache Datenbasissuche erfordern
- Fragen, die sich über mehrere Sätze erstrecken
- Angaben über Eigenschaften des Frage-Antwort-Systems
- Angaben zum Ausbau des Bereiches, den das System konzeptuell abdeckt.

Die diesen Systemen zugrunde gelegten Interaktionsmöglichkeiten werden aufgefaßt als zu modellierende Dialogmöglichkeiten; eine Dialogverarbeitung dieser Systeme beschränkt sich aber auf die Erkennung und Auswertung von Fragesatztypen, deren Verarbeitung auf der Grundlage erweiterter Wissens- und Datenbasen geleistet wird. Anders ausgedrückt, die sogenannten Typen von Dialoghandlungen werden nur als Relationsausdrücke von Fragesatztypen über Datenbankrelationen formuliert und ergänzen so die bisherigen linearen Transformationen zu Datenbankrelationen (NL-RF-DB) und werden somit keiner eigenständigen Dialogverarbeitung unterzogen. Während bisher in Systemen wie PLIDIS, USL usw. Frage-Antwort-Relationen aufgebaut wurden, die informationsadäquat sein mußten und inferenziell sich nur auf die Datenbasis bezogen, besteht hier die Erweiterung der Dialogmöglichkeiten in der Einbeziehung der Frage-Antwort-Relationen selbst. Über die Erkennung und Verarbeitung von Fragesatztypen in Systemen wie PLANES oder beim AUTOMATIC ADVISER kann nun eine Frage-Antwort-Relation dadurch zugängsmäßig aufgerufen werden, daß zum Beispiel sogenanntes Metawissen wie

What do you know?

abgefragt werden kann oder Eigenschaften des Frage-Antwort-Systems wie zum Beispiel

Can you calculate percentages?

thematisiert werden.

Versucht man, diese Dialogverarbeitungs-komponente ebenfalls durch einen formalen Ausdruck darzustellen, dann entsprechen den genannten allgemeinen Sprachverarbeitungs-komponenten NL-RF-DB nicht nur die Systemoperationen

$$R (? , B),$$

sondern auch iterative Operationen über diesen Systemoperationen, die wie folgt dargestellt werden können:

$$R (? , B) \rightarrow R (A, B) \rightleftharpoons R (R (H, B)).$$

Entscheidend ist auch hier, daß die Frage-Antwort-Relation auf Mengenalternativen für Systemreaktionen über R beschränkt sind und die Systemreaktion R in ihnen nur indirekt vorkommt. Während Systeme wie PLIDIS, USL usw. die Antwortbedingungen als Mengenalternativen so interpretieren, daß natürlich-sprachliche Sätze als referenz-semantische Ausdrücke darstellbar sind, die zu relationalalgebraischen Ausdrücken für die Datenbank umzuwandeln sind, wird bei den neueren Dialogsystemen der natürlich-sprachliche Satz ebenfalls als referenz-semantischer Ausdruck darstellbar, aber über R nochmals eine Inferenz gezogen, die die lineare Transformation zur Datenbank ergänzend steuert. Die frage-typ-bezogenen Inferenzen sind als eine ergänzende Relationsmatrix zu interpretieren, die lediglich über inhaltlich und datenbankbezogenen Relationen operieren, aber formal dennoch auch Mengenalternativen bilden.

Der Schwerpunkt auch bei den neueren Dialogsystemen liegt noch eindeutig auf der rekonstruktiven Sprachverarbeitung von Eingabesätzen sowie datenbank-bezogenen Relationierungen von Frage-Antwort-Sätzen. Auch die Entwicklung der Dialogsysteme stützt sich noch einseitig auf die Informationsadäquatheit der Antwort und die linguistische Richtigkeit der natürlich-sprachlichen Rekonstruktion, nicht aber auf eine durch Dialogkonstrukte gestützte Antwortgenerierung, die lediglich über natürlich-sprachlichen Repräsentationen arbeitet.

4. D. Metzger (1980) hat Dialogsysteme als solche Sprachverarbeitungssysteme definiert, die in der Lage sind, Eigenschaften natürlicher Dialoge zu modellieren. Als derartige Eigenschaften nennt er die Erkennung und Auswertung von

- Dialogkontexten
- Koreferenzen
- Kohärenz/Inkohärenz
- wechselnder Sprecher-Initiative

- Themastrukturen
- Ziele und Pläne der Sprecher.

Abgesehen davon, daß – wie wir gezeigt zu haben glauben – die hier genannten Eigenschaften von Dialogen in dem bisher entwickelten und realisierten Dialogsystem kaum oder nicht modelliert werden, wird hier ein Dialogbegriff zugrunde gelegt, der unterschiedslos linguistische und konversationelle Komponenten aneinanderreicht. Wenn aus forschungsstrategischer Sicht jedoch mit einem Dialogbegriff die Vorstellung von 'konversationeller Natürlichkeit' verbunden wird, dann fehlen hier wesentliche Eigenschaften von natürlichen Konversationen, die möglicherweise auch als Merkmale von natürlich-sprachlichen Dialogen interpretierbar sind. Hierzu gehören unter anderem

- die wechselnde Zuweisung oder Zuschreibung von Bedeutung und Sprecherintentionen im Zeitablauf von Konversationen
- das gewollte Ruhenlassen von Fragen und Redebeiträgen sowie die Option, Bedeutungszuschreibungen im Zeitablauf von Konversationen zu entwickeln
- die gewollte Vagheit und Mehrdeutigkeit in der Formulierung
- die wechselseitige Aushandlung von Bedeutungen und Themen.

Wenngleich im Forschungsbereich der natürlich-sprachlichen Ansätze von Informations- und Dialogsystemen natürlich-sprachliche Dialoge also nicht hinreichend modelliert werden, so bleibt doch nach einer methodologischen Begründung dafür zu fragen, weshalb auch solche eingeschränkten System-Nutzer-Interaktionen eine Informierung und Verständigung in Form von Systemdialogen zulassen.

Aufschluß geben könnte eine kommunikationslogische Annahme über System-Nutzer-Interaktionen:

Die Simulation von Dialog durch den Benutzer ist eine notwendige, die Modellierung von Dialog durch ein System eine hinreichende Bedingung für Systemdialoge.

Die Simulation von Dialogen kann als ein kognitiver Plan von Systempartnern interpretiert werden, wenn es immer möglich ist,

- (A) den Systemreaktionen eine Relevanzadäquatheit und eine konversationelle Plausibilität einseitig zu unterstellen und
- (B) die Systemreaktion auch dann als eine Dialogorganisation einseitig zu behandeln, wenn (A) nicht möglich ist.

Diese Simulationsbedingung ist als eine kommunikationslogische Regel zu interpretieren, die den 'universe of discourse' von Systemdialogen einem Spielrahmen in der Weise gleichstellt, daß alle systemrationalen Sprach- und Dialogverarbeitungen eines Systems solange als zugelassen gelten, wie sie vom Benutzer deutbar und rekonstruierbar sind. Eine evidente Bestätigung für diese These ist vielleicht in der eigentümlichen spielerischen Testmotivation von Benutzern gegenüber Sprachverarbeitungssystemen zu suchen, nämlich die Simulationsregel in der Weise vorübergehend aufzuheben und zu testen, daß mögliche vorgedachte Systemgrenzen des Sprach- und Dialogverstehens offenkundig werden. Die Annahme einer solchen Simulationsregel steht im Gegensatz zu der verbreiteten Auffassung (vgl. Metzger (1980)), daß Sprachverarbeitungs- und Dialogsysteme bereits formale Eigenschaften von natürlichen Dialogen dadurch modellieren, daß sie als aufgabenorientierte und prozedurale, d.h. schrittweise, gemeinsam, kooperativ und zielorientiert arbeitende Systeme angelegt sind. Es ist aber eher zu vermuten, daß erst durch die unumgängliche Simulationsregel vom Benutzer dieser Systemverarbeitung der Charakter einer Dialogorganisation zugeschrieben wird.

Das einzige uns bekannte System, das eine Rekonstruktion natürlich-sprachlicher Dialoge versucht hat und dabei den Eigenschaften von 'konversationeller Natürlichkeit' nahe kam, war das bereits 1966 von J. Weizenbaum entwickelte System ELIZA.

Die hier vorgebrachte kritische Darstellung richtet sich nicht gegen einen natürlich-sprachlichen Zugangsmodus in Informations- und Datenbanksystemen; vielmehr sind wir der Auffassung, daß eine Modellierung von natürlich-sprachlichen Dialogen sich auf solche Anwendungsbereiche für Systemansätze beschränken sollte, in denen die Rekonstruktion konversationeller Natürlichkeit Vorrang vor einer umfassenden Systemverarbeitung von Natürlich-Sprachlichkeit hat.

Literatur

Bobrow, D.G./Collins, A. (eds.) (1975): Representation and Understanding. New York 1975.

Brecht, W. (1978): Natürlich-sprachliche Ansätze zu Datenbanksystemen, in: D. Krallmann (1978), 201-215.

Eisenberg, P. (1976): Die Bedeutung semantischer Theorien für die Künstliche Intelligenz, in: SL 2, 1976, 28-43.

Von Hahn, W. (1979): The Anatomy of the Natural Language Dialogue System HAM-RPM. Universität Hamburg, HAM-RPM 12, Mai 1979.

- Hendrix, G.G./Sacerdoti, E.D./Sagalowicz, D./Slocum, J. (1977): Developing a Natural Language Interface to Complex Data. Artificial Intelligence Center, SRI International, Techn. Note 152, Menlo Park, Calif. 94052, USA 1977.
- Kolvenbach, M./Lörtscher, A./Lutz, H.D. (Hrsg.) (1979): Künstliche Intelligenz und natürliche Sprache. Tübingen 1979.
- Krallmann, D. (Hrsg.) (1978): Kolloquium zur Lage der Linguistischen Datenverarbeitung. Essen 1978.
- — (Hrsg.) (1980): Dialogsysteme und Textverarbeitung. Kolloquium 12.-14. Dez. 1979, Bonn, LDV-Fittings e.V., Essen 1980.
- Lehmann, H. (1977): Aspects of the interpretation of natural language in an information system. IBM Wissenschaftliches Zentrum, Heidelberg, Tk 77.11.006, Nov. 1977.
- Merzing, D. (1980): Dialogsysteme: Verarbeitung aufgabenorientierter Dialoge, in: D. Krallmann (1980),
- Minsky, M. (ed.) (1968): Semantic Information Processing. Cambridge, Mass., London 1968.
- Palme, J. (1971): Making Computers Understand Natural Language, in: N.V. Findler/B. Meltzer (eds.), Artificial Intelligence and Heuristic Programming, Edingburgh 1971, 199 - 244.
- Simmons, R.F. (1965): Answering English Questions by Computer: A Survey, in: Comm. ACM 8, 1965, 53-70.
- Schank, R.C./Colby, K.M. (eds.) (1973): Computer Models of Thought and Language. San Francisco 1973.
- Tennant, U. (1979): Experience with the Evaluation of Natural Language Questions and Answers. Coord. Sci. Lab., University of Illinois, Urbana-Champaign 1979.
- Ungeheuer, G. (1971): Linguistische Datenverarbeitung — die Realität und eine Konzeption, in: IBM-Nachrichten 206, 1971, 688-694.
- Waltz, D.L. (1977): Natural Language Interfaces, in: SIGART Newsletter 61, 1977, 16-65.
- — (1978): An English Language Question Answering System for a Large Relational Database, in: Comm. ACM, 1978, 526-539.
- Weizenbaum, J. (1966): ELIZA — A Computer Programm for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine, in: Comm. ACM 9, 1966, 36-45.