**Sonderforschungsbereich 378**
Ressourcenadaptive kognitive Prozesse

**KI-Labor am Lehrstuhl für Informatik IV**

Leitung: Prof. Dr. W. Wahlster

Universität des Saarlandes
FB 14 Informatik IV
Postfach 151150
D-66041 Saarbrücken
Germany

Tel. 0681 / 302-2363

READY

**Bericht Nr. 136**

# Rollenübernahme in einem Dialogsystem

**Alassane Ndiaye**

**Januar 1997**

Sonderforschungsbereich 378
Ressourcenadaptive
Kognitive Prozesse

ISSN 0944-7814

**136**

In: *Künstliche Intelligenz*, Heft 4/96 (S. 34–40), Dezember 1996.

# Rollenübernahme in einem Dialogsystem

Alassane Ndiaye

Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes
Postfach 151150, D-66041 Saarbrücken
ndiaye@cs.uni-sb.de

**Oft versetzen sich die an einem Dialog beteiligten Personen gedanklich in die Lage ihrer Gesprächspartner, um deren Reaktionen zu antizipieren. Der wesentliche Vorteil einer solchen Vorgehensweise ist eine bessere Planung des eigenen Verhaltens. In diesem Beitrag wird präsentiert, wie diese Strategie mithilfe *globaler Antizipationsrückkopplung* in einem Dialogsystem realisiert wird, das in einem Verkaufsgespräch sowohl die Rolle des Verkäufers als auch die des Käufers übernehmen kann.**

## 1 Motivation für einen Antizipationsansatz und Fragestellungen

> "Penser à la pensée d'autrui est une caractéristique essentielle de toute attitude sociale; chacun cherche à suivre et à devancer le progrès de la pensée de l'autre, l'avantage étant à celui qui devine une pensée de l'autre que celui-ci croit ignorée."[1] (Guillaume, 1954, S. 182)

Intelligentes Dialogverhalten in der zwischenmenschlichen Kommunikation setzt die Fähigkeit voraus, das Verhalten des Dialogpartners vorherzusagen. Aus der Denk- und Entwicklungspsychologie befassen sich verschiedene Ansätze mit dieser kognitiven Fähigkeit unter dem Begriff *Rollenübernahme* (bzw. *Perspektivenübernahme*) (Flavell, Botkin, Fry Jr., Wright, & Jarvis, 1968; Geulen, 1982) und in den neueren Untersuchungen teilweise unter dem Begriff *theory of mind* (Astington, 1993; Whiten, 1991). Rollenübernahme bezieht sich nach Flavell et al. (1968, Kap. 1) einerseits auf die allgemeine Fähigkeit, die Rolle einer anderen Person im kognitiven Sinne einzunehmen, d.h. ihre Verhaltensweisen und -tendenzen in einer gegebenen Situation einzuschätzen; und andererseits auf die spezifische Fähigkeit, dieses Verständnis der Rolle einer anderen Person als Mittel zu nutzen, um effektiv mit ihr zu kommunizieren. Der wesentliche Vorteil dieses gedanklichen Versetzens in die Lage des anderen ist eine bessere Planung des eigenen Verhaltens.

Ein Paradigma der Handlungstheorie, bei dem die Vorhersage des Verhaltens des Interaktionspartners eine Rolle spielt, geht auf die ökonomische Theorie des Verhaltens am Markt und deren Weiterentwicklung in der Spieltheorie (s. z.B. Fudenberg & Tirole, 1991; Rauhut, Schmitz, & Zachow, 1979) zurück. Bei diesem Ansatz suchen die an der Interaktion beteiligten Spieler nach optimalen Gewinnstrategien. Da anzunehmen ist, daß auch die Gegenspieler nach optimalen Strategien suchen, ist es entscheidend vorherzusagen, wie sie sich verhalten werden. In diesem Zusammenhang spielt

[1] Frei übersetzt: "Über die Gedanken des anderen nachzudenken, ist eine wesentliche Eigenschaft jedes sozialen Verhaltens; jeder versucht, dem Fortschreiten des Denkens des anderen zu folgen und es vorwegzunehmen. Der Vorteil liegt bei demjenigen, der einen Gedanken des anderen voraussagt, den dieser verborgen glaubte.".

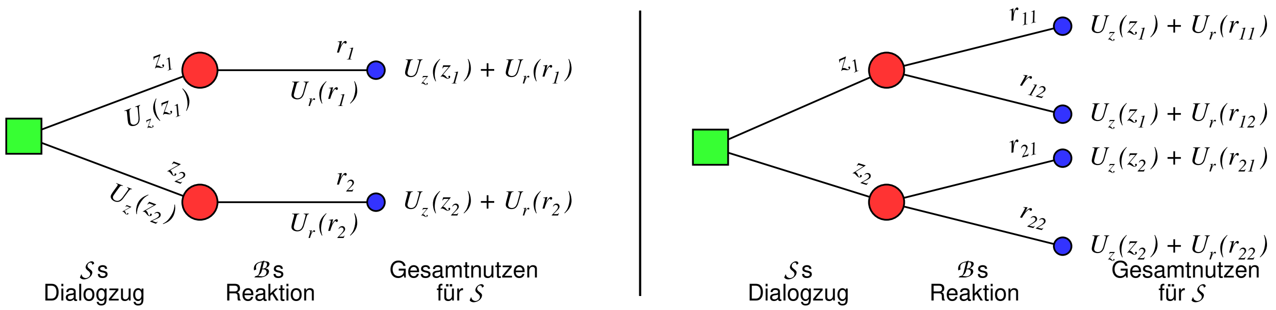


Abbildung 1: Entscheidungsbäume zur Illustration der Antizipation der Benutzerreaktion vor der Auswahl des nächsten Dialogzuges.
(Der rechte Teil des Bildes stellt eine Verallgemeinerung des linken Teils durch Berücksichtigung der Unsicherheit von $\mathcal{S}$ über die Reaktionen von $\mathcal{B}$ dar.)

das Konzept des Gleichgewichtes als stabiler Konstellation von eigenem Verhalten und Erwartungen bzgl. des Verhaltens der Gegenspieler eine wesentliche Rolle. Das Gleichgewichtskonzept wird jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht verwendet, da der Dialogpartner nicht als Gegner im spieltheoretischen Sinne angesehen wird, sondern als Quelle für bestimmte Ereignissen (z.B. Dialogzüge), die nur beschränkt vorhersagbar sind.

In der Benutzermodellierung wurde das Phänomen der Rollenübernahme mithilfe sog. *Antizipationsrückkopplungsschleifen* (Jameson & Wahlster, 1982; Wahlster & Kobsa, 1989) realisiert. Dabei wird die Analysefähigkeit des Systems dazu verwendet, die voraussichtliche Interpretation eines geplanten Dialogbeitrages durch den Dialogpartner vorwegzunehmen. Antizipationsrückkopplung wurde z.B. verwendet zur Ellipsengenerierung (Jameson & Wahlster, 1982), zur Beschreibung von Straßenszenen (Novak, 1987), zur pragmatischen Interpretation von Äußerungen (Jameson, 1989), zur Generierung von Zeigegesten in einer multimodalen Schnittstelle (Jung, Kresse, Reithinger, & Schäfer, 1989), zur Antizipation von Benutzerinferenzen (Joshi, Webber, & Weischedel, 1984; Zukerman & McConachy, 1993) und zur Visualisierung der Bildvorstellung des Hörers anhand von verbalen Beschreibungen durch den Sprecher (Schirra, 1995; Blocher & Schirra, 1995).

Aus kybernetischer Sicht kann ein Dialog als rückgekoppeltes Regelsystem angesehen werden, dessen Verhalten durch die Reaktionen des Gesprächspartners und die Antizipation von dessen Reaktionen beeinflußt wird (Piaget, 1992; DiStefano, Stubberud, & Williams, 1976).

In einem Dialogsystem kann die Rolle der Antizipationsrückkopplungsschleifen (abgekürzt als AFL für **A**nticipation **F**eedback **L**oop) mittels *Entscheidungsbäumen* dargestellt werden (s. den linken Teil von Bild 1). Das System ($\mathcal{S}$) hat zwischen verschiedenen Dialogzügen $z_1 \dots z_n$ zu wählen, die an den Benutzer ($\mathcal{B}$) adressiert werden könnten. Jeder Dialogzug $z_i$ hat einen bestimmten Nutzen (Utility) $U_z(z_i)$ für $\mathcal{S}$. Dieser Nutzen ist eine Quantifizierung der unmittelbaren Vorteile eines Zuges für $\mathcal{S}$. Anstatt den Dialogzug mit dem höchsten Nutzen $U_z(z_i)$ auszuwählen, antizipiert $\mathcal{S}$ für jeden der $z_i$ die Reaktion $r_i$, die der Benutzer $\mathcal{B}$ wahrscheinlich als Antwort auf $z_i$ zeigen wird; und jede dieser potentiellen Reaktionen hat wiederum einen bestimmten Nutzen $U_r(r_i)$ für $\mathcal{S}$. $\mathcal{S}$ wählt dann letztendlich den Dialogzug mit dem höchsten Gesamtnutzen $U_z(z_i) + U_r(r_i)$. So wird eine AFL für jeden Dialogzug $z_i$ aufgerufen, um die Reaktion $r_i$ von $\mathcal{B}$ vorherzusagen. Dabei wird angenommen, daß die Berücksichtigung von $U_r(r_i)$ zusätzlich zu $U_z(z_i)$ $\mathcal{S}$ bei der Auswahl des nächsten Dialogzuges beeinflussen kann.

Die meisten Systeme, die AFLs verwendet haben, argumentieren nicht explizit mit Entscheidungsbäumen und Nutzenfunktionen. Nichtsdestoweniger können ihre Ansätze als Varianten der im linken

Teil von Bild 1 illustrierten Strategie angesehen werden. Beispielsweise kann $\mathcal{S}$, anstatt die Nutzen aller potentiellen Züge $z_i$ zu berechnen, diejenigen verwerfen, die sich nicht lohnen (z.B. wenn sie zu Mißverständnissen führen könnten). Die potentiellen Dialogzüge $z_i$ können, wie in ANTLIMA (Schirra, 1995; Blocher & Schirra, 1995), iterativ erzeugt und durch Antizipation geprüft werden. Beispielsweise erzeugt ANTLIMA eine Äußerung $z_1$ zur Beschreibung einer visuellen Szene. Seine AFL-Komponente antizipiert, wie $\mathcal{B}$ die Äußerung interpretieren wird. Falls die Interpretation $r_1$ nicht zufriedenstellend ist, wird ein neues $z_2$ unter Berücksichtigung der bei $z_1$ entstandenen Schwierigkeiten erzeugt. Das System könnte dann $r_2$ antizipieren; aber ANTLIMA generiert dann $z_2$ unter der Annahme, daß durch die Verbesserung von $z_1$ sämtliche Mißverständnisse ausgeräumt sind.

Die meisten implementierten Systeme mit einem Antizipationsansatz verwenden nur einen Teil des Systems zur Realisierung lokaler Schleifen. ANTLIMA ist eines der wenigen Systeme, die *globale* Antizipationsrückkopplungsschleifen verwenden. Bei globalen AFLs wird eine Instantiierung des kompletten Systems oder zumindest sämtlicher Teile des Systems verwendet (vgl. Wahlster & Kobsa, 1989, S. 22–26, sowie Ndiaye & Jameson, 1996a). Zur Ermittlung der voraussichtlichen Interpretation des Dialogpartners reflektiert $\mathcal{S}$: "Wie würde ich auf diesen Dialogzug reagieren, wenn ich in der Lage von $\mathcal{B}$ wäre?" bzw. "Wie würde der nächste Dialogzug mein Modell von $\mathcal{B}$ beeinflussen, wenn ich in seiner Lage wäre?". Dazu instantiiert sich $\mathcal{S}$ rekursiv in der Rolle von $\mathcal{B}$.

Globale Antizipation ist lohnend, wenn nicht alle Faktoren, die das Reaktionsverhalten von $\mathcal{B}$ bestimmen, in einer lokalen Schleife oder einer Kombination mehrerer lokaler Schleifen berücksichtigt werden können. Die Realisierung der Strategie der globalen Antizipation wird anhand folgender Fragestellungen diskutiert:

**1. Rollen-Transmutierbarkeit.** Ein System, das globale AFLs verwendet, muß die Rolle des Gesprächspartners innerhalb eines Dialoges übernehmen können. Diese Fähigkeit, die Gesprächsrolle innerhalb eines Dialoges zu wechseln, ist eine Variante der Eigenschaft von Dialogsystemen, die Wahlster and Kobsa (1989, S. 30) als *Transmutierbarkeit* definieren.[2] Dort werden transmutierbare Dialogsysteme wie folgt definiert: "dialog systems adaptable to applications that differ not only with respect to the domain of discourse, but also to dialog type, user type and intended system behavior". Hingegen wird bei lokalen AFLs nur vorausgesetzt, daß das System einige Aspekte der Verarbeitung — wie z.B. die syntaktische Analyse — in der anderen Dialogrolle simulieren kann. Bei Menschen wird Transmutierbarkeit durch die Übernahme verschiedener Rollen in alltäglichen Situationen erlernt. (Z.B. hat sogar ein professioneller Verkäufer oft die Gelegenheit, selbst als Kunde aufzutreten.) Die meisten implementierten Dialogsysteme, die Benutzermodellierungstechniken verwenden, sind für eine einzige Rolle konzipiert. Es können daher hohe Kosten entstehen, um sie zur Rollen-Transmutierbarkeit zu befähigen.[3]

**2. Kommunikation zwischen den Instantiierungen.** Die weitere Instantiierung eines Dialogsystems zur Simulation der Rolle des Gesprächspartners und die Verwaltung beider Instantiierungen, ohne daß die jeweiligen Verarbeitungsprozesse beeinträchtigt werden, erfordern eine flexible Systemarchitektur.

**3. Unsicherheit über das Dialogverhalten des Dialogpartners.** Die Verwendbarkeit eines Entscheidungsbaumes wie im linken Teil von Bild 1 setzt voraus, daß $\mathcal{S}$ zu jedem Zug $z_i$ die exakte Reaktion $r_i$ von $\mathcal{B}$ präzise vorhersagen kann. Der allgemeinere Fall, der der Unsicherheit von $\mathcal{S}$

[2] Während *transportable* Systeme die Adaption an neue Diskursbereiche bzw. Domänen ermöglichen, sind *transmutierbare* Systeme solche, die transportabel und an verschiedene Kommunikationssituationen (z.B. Verkäufer/Kunde, Lernender/Experte) anpaßbar sind.

[3] Eine alternative Möglichkeit, globale AFLs zu realisieren, wird hier nicht weiterdiskutiert: An ein System könnte nämlich ein (funktional) anderes System gekoppelt werden, das die andere Dialogrolle in der Dialogsituation spielen kann.

über das Verhalten von $\mathcal{B}$ Rechnung trägt, ist im rechten Teil des Bildes dargestellt. Zu jedem Zug $z_i$ bestimmt $\mathcal{S}$ eine Menge potentieller Reaktionen $\{r_{ij}\}$. Im Falle globaler AFLs wird diese Unsicherheit durch mehrere Faktoren beeinflußt, die $\mathcal{S}$ nicht genau bekannt sind. $\mathcal{S}$ weiß dann nicht exakt, wie es die Rolle von $\mathcal{B}$ aufgrund seiner Unsicherheit simulieren kann. Dies wirft die Frage der Unsicherheitsbehandlung auf.

**4. Effizenzüberlegungen.** Es ist für ein Dialogsystem relativ (zeit)aufwendig, bei jedem Dialogzug die gesamten Verarbeitungsprozesse des Benutzers zu antizipieren. Daher muß untersucht werden, wie die Kosten der globalen Antizipation minimiert werden können.

Wir behandeln diese Fragestellungen innerhalb des PRACMA-Systems[4] (Jameson, Kipper, Ndiaye, Schäfer, Simons, Weis, & Zimmermann, 1994; Jameson, Schäfer, Simons, & Weis, 1995), in dem einige Antworten untersucht und implementiert wurden.

# 2 Das PRACMA-System als Testumgebung

## 2.1 Dialogsituation

PRACMA modelliert Verkaufsgespräche aus der Autodomäne, in denen eine Person $\mathcal{V}$ versucht, ihren in der Zeitung annoncierten Gebrauchtwagen an einen potentiellen Käufer $\mathcal{K}$ zu verkaufen, der sich telefonisch über den Wagen informieren will. Die Motivationen der beiden Akteure in dieser Beispieldomäne sind teilweise gegensätzlich[5] : $\mathcal{K}$ möchte dem Verkäufer die bestmöglichen Informationen entlocken, auf die er seine Kaufentscheidung gründen kann; dagegen möchte $\mathcal{V}$ das Auto verkaufen, unabhängig davon, ob es für $\mathcal{K}$ geeignet ist oder nicht. PRACMA ist in dem Sinne rollentransmutierbar, daß es in dieser Dialogsituation sowohl die Rolle des Autobesitzers oder auch die des potentiellen Käufers übernehmen kann. Bild 2 gibt einen Auszug aus einem Beispieldialog mit dem PRACMA-System wieder. Wie später gezeigt wird, kann insbesondere in teilweise nicht-kooperativen Dialogen wie in der PRACMA-Domäne globale Antizipation eine wesentliche Rolle spielen.

## 2.2 Die CHANNELS-Architektur

Die pragmatische Verarbeitung in PRACMA erfordert eine Systemarchitektur, die eine flexible Interaktion zwischen den einzelnen Modulen mit ihren unterschiedlichen Repräsentations- und Verarbeitungsformalismen unterstützt. Im PRACMA-System wurde dafür die Multi-Agenten-Architektur CHANNELS (Ndiaye & Jameson, 1994) entwickelt (s. Bild 3). CHANNELS verwendet Techniken der verteilten KI und der objektorientierten Programmierung. Die einzelnen Systemmodule werden als Agenten modelliert, die ausschließlich durch Nachrichtenaustausch kommunizieren und kooperieren. Diese Kommunikation wird durch ein kommunikationsakt-basiertes Protokoll gesteuert (s. Bild 3). Kommunikationsakte bestimmen die Art und den Modus der Kommunikation. CHANNELS verwendet die Basisakte ASK, INFORM, REPLY mit den Modi *synchronous* und *asynchronous*. Die Agenten arbeiten als nebenläufige Prozesse. Sie können sowohl innerhalb eines Rechners angesiedelt werden als auch in einem lokalen Netzwerk verteilt werden.

[4] Die Forschungen zu PRACMA wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 314 “Künstliche Intelligenz — Wissensbasierte Systeme” gefördert.

[5] Siehe hierzu auch die Diskussion über interessenbasierte Dialogsysteme in (Jameson, 1993).

- $\mathcal{V}$: **Wohnen Sie in der Stadt oder auf dem Land?**
  Obwohl solche Fragen nach Eigenschaften von $\mathcal{K}$ diesen irritieren können, stellt $\mathcal{V}$ sie, wenn der zu erwartende Informationsgewinn hoch genug erscheint.
- $\mathcal{K}$: **Ich wohne auf dem Land.**
  Aus dieser Angabe zieht $\mathcal{V}$ Schlüsse über das $\mathcal{K}$s Interesse an Komfort und Sparsamkeit.
- $\mathcal{V}$: **Dieses Auto könnte für Sie etwas sein.**
- $\mathcal{V}$: **Wie in der Annonce beschrieben, handelt es sich um einen Golf, Baujahr 1991.**
  Stünde mehr als ein Auto zur Auswahl, würde $\mathcal{V}$ an dieser Stelle ein geeignetes auswählen und vorschlagen. Da hier nur eines zur Verfügung steht, wird lediglich an die in der Zeitungsannonce genannten Eigenschaften erinnert.
- $\mathcal{V}$: **Es hat vier Türen.**
  Von allen möglichen Aussagen über einzelne Attribute des Autos erwartet $\mathcal{V}$, daß diese die positivsten Auswirkungen auf die Bewertung von $\mathcal{K}$ haben wird.
- $\mathcal{K}$: **Das ist gut.**
  Diese bewertende Reaktion spiegelt die *Bewertungsverschiebung* wider, die die Aussage hervorruft. $\mathcal{V}$ interpretiert sie vor allem als Zeichen von Interesse an Komfort.
- $\mathcal{V}$: **Es hat Automatikgetriebe.**
  Angesichts des angepaßten Benutzermodells und des aktuellen Dialogkontextes scheint $\mathcal{V}$ diese Aussage am lohnendsten.
- $\mathcal{K}$: **[—]**
  Da der Nutzen für $\mathcal{K}$ von keiner der möglichen äußerungen den Nutzen von Schweigen übersteigt, gibt $\mathcal{K}$ zu erkennen, daß $\mathcal{V}$ weiterreden soll.

Abbildung 2: Kommentierter Auszug aus einem Beispieldialog, in dem PRACMA sowohl die Rolle des Verkäufers als auch die des Käufers übernehmen kann.

(Die Dialoge mit dem System können sowohl in Deutsch als auch in Englisch geführt werden. Das System verwendet template-basierte Techniken für die Analyse und Generierung der natürlichsprachlichen äußerungen. In einer prototypischen Implementierung wurden ein Parser und ein Generator für das Deutsche integriert.)

## 2.3 Rollen-Transmutierbarkeit in PRACMA

Die Agenten in PRACMA können hinsichtlich der Rollen-Transmutierbarkeit in drei Gruppen unterteilt werden:

1. Die Module COMMENT AND QUESTION HANDLER (CQH) und DIALOG PLANNER sind für die Interpretation und Generierung der Systemäußerungen verantwortlich. Sie arbeiten auf die gleiche Art und Weise in beiden Rollen, verwenden aber unterschiedliches deklaratives Wissen zur Behandlung der rollenspezifischen Verarbeitung.[6]
2. Die Module EVALUATION HANDLER und DOMAIN BELIEF HANDLER verarbeiten in beiden Rollen die Bewertungen bzw. das Wissen des Benutzers. Sie verwenden in beiden Rollen dieselben Formalismen, nämlich probabilistische Verarbeitung durch Bayessche Netze (Schäfer, 1996) bzw. modallogische Wissensrepräsentation (Hustadt & Nonnengart, 1993).

[6] Transmutierbarkeit in der Dialogplanung kann auch durch Verwendung bidirektionaler Planoperatoren unterstützt werden (Ndiaye & Jameson, 1994).

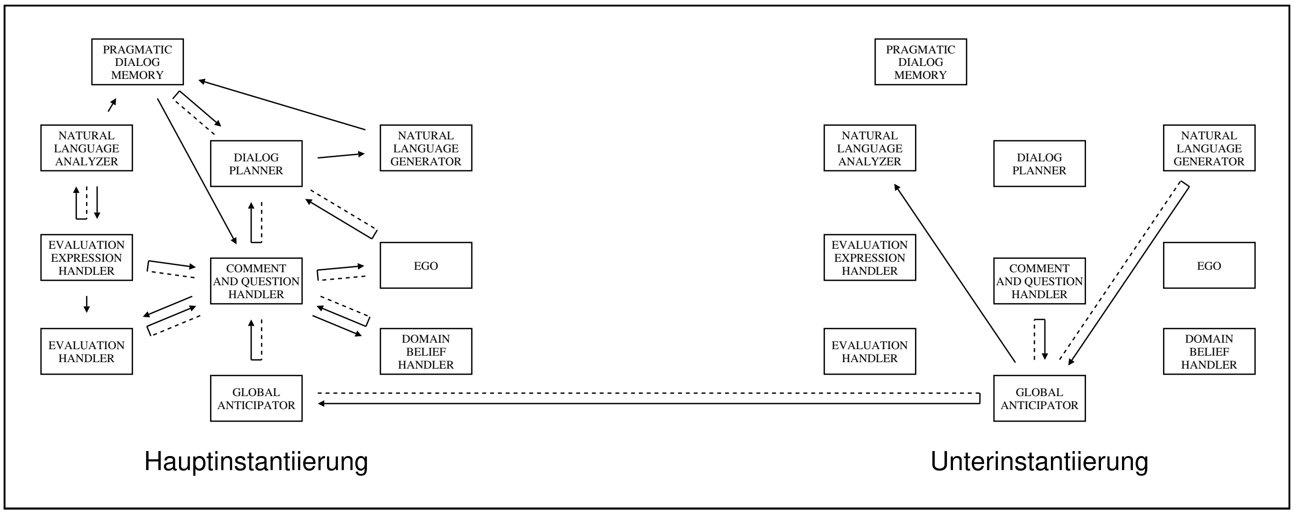


Abbildung 3: Die Architektur des PRACMA-Systems.
(Ein einfacher Pfeil stellt eine INFORM-Nachricht dar, die unaufgeforderte Informationen von einem Agenten zu einem anderen übergibt. Ein gestrichelte Linie gefolgt von einem Pfeil stellt einen Kommunikationsakt vom Typ ASK gefolgt von REPLY dar. Die Unterinstantiierung wird ausschließlich zum Zwecke der globalen Antizipation verwendet. Darin tauschen die Agenten Nachrichten der gleichen Typen wie in der Hauptinstantiierung aus sowie zusätzlich die im rechten Teil des Bildes dargestellten Nachrichten.)

3. Die übrigen Module arbeiten auf die gleiche Art und Weise in beiden Rollen.

## 2.4 Realisierung der globalen Antizipation

In PRACMA wurden durch die flexible Systemarchitektur und die Rollen-Transmutierbarkeit innerhalb des Systems zwei wichtige Mittel zur Realisierung globaler Antizipationsrückkopplung geschaffen (Ndiaye & Jameson, 1994). Die CHANNELS-Architektur ermöglicht, daß sich PRACMA in einer weiteren kompletten Instantiierung des Systems in der Rolle des Dialogpartners (Käufer oder Verkäufer) rekursiv aufrufen kann. Die Kommunikation zwischen den beiden Instantiierungen wird durch sog. *externe Agenten* gesteuert.[7] Dazu verwaltet der Agent GLOBAL ANTICIPATOR (abgekürzt als GAF für **G**lobal **A**nticipation **F**eedback) die mit der anderen Dialogrolle initialisierte *Unterinstantiierung* von PRACMA in einem separaten COMMONLISP-Prozeß (s. den rechten Teil von Bild 3). Die Unterinstantiierung ist nicht an der Interaktion mit dem Benutzer unmittelbar beteiligt. Sie dient lediglich der Verarbeitung der von GAF übergebenen Eingaben. Diese Eingaben sind die Äußerungen, die in der Hauptinstantiierung zur engeren Auswahl für die nächste Systemäußerung in Frage kommen. GAF stellt sicher, daß in der Unterinstantiierung ein hinsichtlich der in der Hauptinstantiierung verfügbaren Informationen realistisches Modell des Benutzers verwendet wird und daß eine Anpassung des Dialogkontextes an die jeweils aktuelle Dialogsituation gewährleistet ist.

Die Aufgabe der Auswahl des nächsten Dialogzuges des Systems wird hierarchisch zwischen den Modulen DIALOG PLANNER und COMMENT AND QUESTION HANDLER aufgeteilt. Zunächst entscheidet der DIALOG PLANNER, ein inkrementeller Planer, welcher *Typ* von Dialogzug gemacht wird.

[7]Ein externer Agent ist ein virtueller Agent innerhalb einer Instantiierung, mit dem die anderen Systemmodule dieser Instantiierung durch Nachrichten kommunizieren können, der jedoch in einer weiteren Instantiierung des Systems angesiedelt ist. Die Unterinstantiierung kann auf demselben oder auf einem anderen Rechner angesiedelt werden. Dabei wird die Interprozeßkommunikation durch ICE (Amtrup, 1994) und PVM (Geist, Beguelin, Dongorra, Jiang, Manchek, & Sunderman, 1994) unterstützt.

Dazu berücksichtigt er verschiedene Faktoren wie den Dialogverlauf (repräsentiert im PRAGMATIC DIALOG MEMORY) und die Motivationsparameter des Systems (gespeichert im EGO). Sobald der Planer entschieden hat, einen bestimmten Zugtyp zu machen, fragt er CQH nach einer geeigneten Anmerkung dieses Typs. Dazu verwendet CQH die in Bild 1 illustrierte Strategie. Er bestimmt alle in der Dialogsituation möglichen Anmerkungen des betreffenden Typs sowie deren Nutzen. In PRACMA wird ein Bewertungsformular verwendet. Für jede potentielle Anmerkung wird der zu erwartende Nutzen mit den damit verbundenen Kosten verglichen. Die Anmerkungen sollen den Eindruck des Käufers über das Auto beeinflussen. Dieser Eindruck wird bestimmt durch $\mathcal{K}$s vermutete Bewertung eines Attributs des Autos (z.B. "Wie wichtig ist eine Klimaanlage?") und die Wahrscheinlichkeit, die der Käufer dessen Vorhandensein zuschreibt (z.B. "Hat das Auto eine Klimaanlage?").[8] Der Nutzen einer Anmerkung hängt daher von der Veränderung ab, die sie im Eindruck des Dialogpartners bewirkt. Für alle Anmerkungen, deren Nutzen über einem bestimmten Schwellwert $\delta$ liegen, werden zusätzlich die jeweiligen Nutzen der potentiellen Reaktionen des Käufers antizipiert.[9] Dazu schickt CQH diese Anmerkungen an das Modul zur globalen Antizipation (GAF). In jedem Durchlauf wird in der Unterinstantiierung unter Berücksichtigung des aktuellen Dialogkontextes und des Partnermodells die Rolle des Dialogpartners mit der übergegebenen Äußerung als Eingabe simuliert.

# 3 Fall 1: Antizipation der Käuferreaktion ohne Berücksichtigung von Unsicherheit

**1. Definition der Situation.** Wenn das System die Rolle des Verkäufers ($\mathcal{V}$) übernimmt, kommt es vor, daß es z.B. nach der Beantwortung einer Frage des Käufers ($\mathcal{K}$) eine spontane Anmerkung über das Auto machen will. Es könnte beispielsweise das Auto durch die Erwähnung der neuen Reifen anpreisen. Dies könnte aber den Käufer dazu animieren, eine diesem Thema nahe liegende Frage, nämlich die nach dem Kilometerstand, zu stellen. Da das System einen genauen Kenntnisstand über den Zustand des Autos hat, wird es dann auf diese Anmerkung verzichten, falls der Kilometerstand einen Schwachpunkt des Autos darstellt. Das System simuliert also in diesem ersten Fall die Verarbeitungprozesse des Käufers. Dazu verwendet GAF in der Unterinstantiierung ein Modell des Käufers mit denselben Bewertungskriterien und Dialogstrategien, wie $\mathcal{S}$ sie einsetzen würde, wenn $\mathcal{S}$ ein Auto kaufen würde.

**2. Theoretische Überlegungen.** In dieser Strategie (genannt *situational role taking* in Higgins, 1981) sagt $\mathcal{S}$ die Antworten des Gesprächspartners voraus, indem $\mathcal{S}$ sich die Frage stellt: "Wie würde ich auf diese Äußerung reagieren, wenn ich in der Lage meines Dialogpartners wäre?". In diesem Zusammenhang unterscheidet Higgins (1981) zwischen *assumed similarity* und *inferred similarity*. Beim ersteren berücksichtigt der Handelnde nicht die Möglichkeit, daß er sich in einigen Aspekten vom Dialogpartner unterscheiden kann. Beim letzteren nimmt der Handelnde an, daß, gerade weil der Gesprächspartner ähnliche Eigenschaften wie er selbst hat, er auch ähnliche Antworten geben wird.

[8] In PRACMA wird für die Bewertung der einzelnen Attribute sowie für die Gesamtbewertung des Autos die *Multi-Attribute-Utility-Theory* (von Winterfeldt & Edwards, 1986) verwandt. Dabei wird das Auto auf sechs Bewertungsdimensionen (Komfort, Sicherheit, Sparsamkeit, Sportlichkeit, Umweltfreundlichkeit und Zuverlässigkeit) bewertet, die durch eine individuell gewichtete Summe zu einer Gesamtbewertung aggregiert werden. Die Bewertung auf den einzelnen Bewertungsdimensionen wird durch die gewichtete Summe der Bewertung der Attribute des Autos errechnet. Die Bewertungen der relevanten Attribute werden mithilfe einer Bewertungsfunktion vorgenommen, die jede Ausprägung auf einen Wert abbildet.

[9] In diesem Beitrag werden nur die Grundzüge der Verarbeitung dargestellt. Für eine Beschreibung der Nutzenfunktionen und der zugrundeliegenden Annahmen sowie für eine formalere Darstellung der Algorithmen sei der interessierte Leser auf (Ndiaye & Jameson, 1996b) und (Ndiaye, 1996) verwiesen.

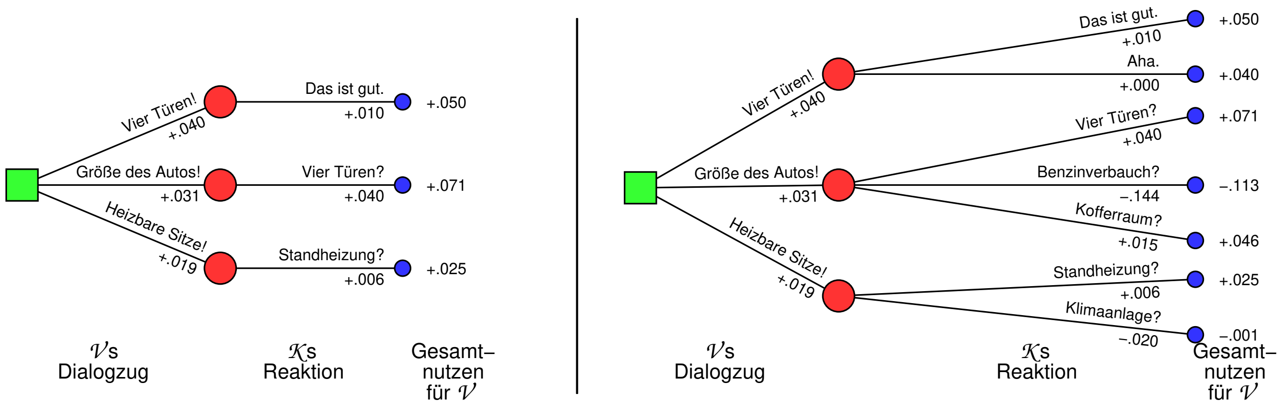


Abbildung 4: Ein Beispiel für die Antizipation der Käuferreaktion.

(Die Ergebnisse im linken Teil zeigen die Verarbeitung ohne Berücksichtigung von Unsicherheit, während rechts die Unsicherheit berücksichtigt wird. Die unter den Äußerungen abgebildeten Zahlen drücken den Nutzen der entsprechenden Äußerungen für das System aus. Rechts jeden Pfades im Entscheidungsbaum steht der Gesamtnutzen als Summe.)

**3. Realisierung in PRACMA.** In der Rolle des Verkäufers $\mathcal{V}$ schätzt das System durch das Modul CQH zu jedem Merkmal des Autos (z.B. Benzinverbrauch) ein, ob es sich lohnt, zu diesem Attribut eine Anmerkung zu machen. CQH ermittelt dazu für jedes Attribut den zu erwartenden Nutzen. Beispielsweise würde CQH in der Situation des Beispieldialoges von Bild 2 aufgrund der jeweiligen Nutzen und ohne Verwendung der globalen Antizipation eine Anmerkung über das Attribut “vier Türen” auswählen (s. den linken Teil von Bild 4). Durch die zusätzliche Berücksichtigung der potentiellen Reaktionen von $\mathcal{K}$ erweist sich eine Anmerkung von $\mathcal{S}$ über die Größe des Autos als lohnender, da der errechnete Gesamtnutzen für dieses Attribut höher liegt als der jeweilige Gesamtnutzen von “vier Türen” und “heizbare Sitze”.

**4. Diskussion.** $\mathcal{S}$ antizipiert genau einen nächsten Dialogzug des Käufers. $\mathcal{S}$ könnte auch weitere Züge vorausschauen. Dies würde den linken Entscheidungsbaum von Bild 1 weiter expandieren. Jedoch muß $\mathcal{S}$ irgendwann die Vorausschau beenden, um seinen Dialogzug auszuführen. Die Durchführbarkeit einer solchen Antizipation wird später erörtert.

# 4 Fall 2: Antizipation der Käuferreaktion mit Berücksichtigung von Unsicherheit

**1. Definition der Situation.** Die im vorherigen Beispiel vorgestellte Strategie berücksichtigt für jede geplante Äußerung genau eine potentielle Reaktion des Dialogpartners. Die verwendeten Algorithmen setzen voraus, daß die Folgereaktion des Käufers stets korrekt und präzise antizipiert wird. Diese Annahme trägt aber der Unsicherheit des Systems über das tatsächliche Motivations- und Dialogverhalten des Käufers keine Rechnung. Da es verschiedene Quellen für die Unsicherheit des Systems über den Dialogpartner gibt, wird die verfolgte Strategie dahingehend geändert, daß für jede geplante Äußerung statt einer einzigen Reaktion eine Menge möglicher Reaktionen berücksichtigt wird.

**2. Theoretische Überlegungen.** Bei diesem Ansatz — *runner-up strategy* genannt (Ndiaye & Jameson, 1996b) — reflektiert $\mathcal{S}$ wie folgt: “Welche *Reaktionen* würde ich in Betracht ziehen, wenn ich in der Lage des Dialogpartners wäre?”. Diese Strategie legt folgende Überlegung zugrunde: “Auch wenn ich Unsicherheit über die Einstellungen meines Interaktionspartners habe, so unterscheidet er sich wahrscheinlich nicht so sehr von mir, als daß er einen Zug auswählt, der nicht unter meinen $N$ vorausgesagten Zügen ist".[10] Diese Strategie beruht auf folgender Annahme: Die vorhergesagten Züge, deren Nutzen über einem bestimmten Schwellwert $\varepsilon$ liegen, sind diejenigen, die beim Käufer am wahrscheinlichsten sind.

**3. Realisierung in PRACMA.** Die Grundidee dieser Strategie ist die Nutzung der Vorgehensweise von CQH bei der Auswahl der nächsten Äußerung eines von DIALOG PLANNER vorgegebenen Typs. Im vorherigen Fall wurde für jeden Zug vom $\mathcal{S}$ in der Unterinstantiierung genau die Anmerkung mit dem höchsten Nutzen zurückgeliefert. Da CQH zur Ermittlung der besten Anmerkung sämtliche dem Dialogkontext angemessenen Alternativen berücksichtigt, können hier nun alle Anmerkungen aus der Unterinstantiierung, deren Nutzen über einem bestimmten Schwellwert $\varepsilon$ liegen, an die Hauptinstantiierung zurückgeliefert werden.

Bild 4 zeigt rechts die Ergebnisse zu dem Beispiel aus dem linken Teil der Abbildung unter Berücksichtigung der Unsicherheit über den Käufer. Im Gegensatz zur einfachen Variante zeigt sich jetzt die Anmerkung über die Größe des Autos nicht mehr als die günstigste, da der Käufer danach eine Frage über den Benzinverbrauch stellen könnte, der einen Schwachpunkt des Autos darstellt.

**4. Diskussion.** Die Berücksichtigung der Unsicherheit über den Käufer erhöht die Genauigkeit der Antizipation. Diese Vorgehensweise erhöht jedoch nicht wesentlich die Kosten, da sämtliche Züge als Nebenprodukt der Äußerungsauswahl durch CQH ohnehin betrachtet werden.

Ein weiterer Vorteil dieser Strategie liegt in der Möglichkeit für die Wahl der Schwellwerte. Durch ein geeignetes Setzen der Schwellwerte ($\delta$ bzw. $\varepsilon$) für die Berücksichtigung der Anmerkungen in der Haupt- bzw. Unterinstantiierung wird die Verhandlungsstrategie des Systems variiert. So kann es z.B. im Laufe eines Dialoges vorsichtiger werden als am Anfang.

# 5 Fall 3: Antizipation der Verkäuferreaktion

**1. Definition der Situation.** In der Rolle des Verkäufers — wie in den beiden vorherigen Fällen — kennt das System den genauen Zustand des Autos und schätzt, wie der Käufer die Attribute des Autos bzgl. der Bewertungsdimensionen bewertet. So baut es in dieser Rolle ständig Eindrücke über die Bewertungen des Käufers auf. Diese Eindrücke beeinflussen sein Verhalten als Verkäufer.

Wenn das System nun die Rolle des Käufers $\mathcal{K}$ übernimmt, macht der Verkäufer oft konkrete Angaben zum Auto, die $\mathcal{K}$ im einzelnen nicht antizipieren kann. Deswegen kann es für das System in der Rolle des Käufers nicht darum gehen — wie in den vorherigen Fällen —, die nächste Äußerung des Dialogpartners zu antizipieren. Vielmehr ist der Käufer darin interessiert, wie seine nächste Äußerung die Eindrücke manipulieren kann, die der Verkäufer von ihm hat. Dazu stellt sich das System in der Rolle von $\mathcal{K}$ die Frage: "Wie würde meine nächste Äußerung meine Eindrücke vom Käufer beeinflussen, wenn ich sie als Verkäufer in dieser Dialogsituation hören würde?". Zum Beispiel kann $\mathcal{K}$ denken, daß $\mathcal{V}$ ihn nach einer Frage über eine Klimaanlage oder nach einer positiven bewertenden Äußerung auf die Nennung des Attributs "Klimaanlage" hin als einen an Komfort interessierten Käufer einschätzen wird. $\mathcal{V}$ könnte sich dann dazu ermutigt fühlen, mehr über die Aspekte des Autos zu sagen, die die Bewertungsdimension "Komfort" betreffen. Wenn der Käufer diese Verschiebung des Eindrucks, den $\mathcal{V}$ von ihm hat, als nützlich betrachtet, kann er die geplante Äußerung machen. Wenn $\mathcal{K}$ diese Verschiebung nicht wünscht, kann er beispielsweise entscheiden, die Frage über die Klimaanlage lieber zu verschieben, bis der Verkäufer ein genaueres Modell über seine Bewertungsstandards hat und ihn nicht aufgrund der Frage als einen an Komfort interessierten Käufer erkennt.

[10]"[Role taking] requires the tacit assumption that the other person does have similar mental states in similar conditions." (Whiten & Perner, 1991, S. 10)

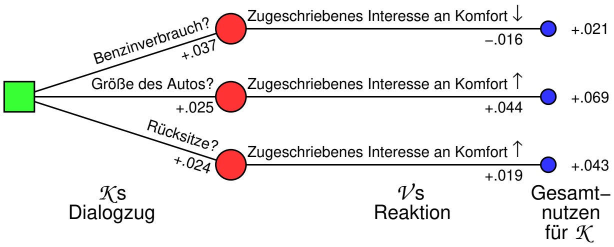


Abbildung 5: Ein Beispiel für die Antizipation der Verkäuferreaktion.
(Bei der Antizipation der Reaktionen von $\mathcal{V}$ drücken die Zahlen den Nutzen für das System in der Rolle von $\mathcal{K}$ aus. Eine positive (bzw. negative) Zahl besagt, daß nach der entsprechenden Äußerung von $\mathcal{K}$ das Interesse an Komfort, das $\mathcal{V}$ ihm zuschreibt, größer (bzw. geringer) wird.)

**2. Theoretische Überlegungen.** In der Rolle des Verkäufers unterhält PRACMA ein Modell der Eindrücke, die der Käufer vom Auto hat und wählt seine Äußerungen so, daß sie bestimmte Veränderungen der Eindrücke beim Käufer herbeiführen. Diese Eindrücke sind Einschätzungen von $\mathcal{K}$s Interesse an den verschiedenen Bewertungsdimensionen. $\mathcal{K}$s Frage nach einem Attribut oder $\mathcal{K}$s bewertende Äußerung nach der Erwähnung eines Attributs läßt in der Regel auf Interesse bzw. Desinteresse in den einzelnen Bewertungsdimensionen schließen.[11]

Wenn $\mathcal{S}$ nun in der Rolle des Käufers $\mathcal{K}$ die Reaktion des Verkäufers $\mathcal{V}$ vorhersagen will, simuliert es die Verarbeitungprozesse von $\mathcal{V}$ und schätzt $\mathcal{V}$s Eindrücke über seine Interessen in den einzelnen Bewertungsdimensionen vor und nach einer Äußerung ein. Für jede potentielle Äußerung antizipiert $\mathcal{K}$, ob diese Äußerung bei $\mathcal{V}$ die Interesseneinschätzung in der Hauptbewertungsdimension erhöhen wird, die $\mathcal{V}$ ihm zuschreibt. (Das Interessenprofil eines Käufers ist ein Vektor von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die angeben, wie interessiert er an den einzelnen Bewertungsdimensionen ist. Dabei ist die Hauptbewertungsdimension die wichtigste Bewertungsdimension.) Der Nutzen der Antizipation der Verkäuferreaktion ist eine Funktion der bei $\mathcal{V}$ induzierten Eindrucksverschiebung über die Interessen von $\mathcal{K}$.

**3. Realisierung in PRACMA.** In der Rolle von $\mathcal{K}$ reflektiert das System durch das Modul CQH zu jeder von $\mathcal{V}$ geäußerten Anmerkung, ob es sich lohnt, dazu einen Kommentar (z.B. als bewertende Äußerung) abzugeben oder ob eine weitere Frage über ein bestimmtes Attribut nützlicher ist. Dazu ermittelt CQH zu jeder bewertenden Äußerung bzw. zu jedem Attribut den zu erwartenden Nutzen. In dem in Bild 5 dargestellten Beispiel würde CQH ohne Antizipation in der Situation des Beispieldialoges aufgrund der jeweiligen Nutzen eine Frage nach dem Benzinverbrauch höher bewerten als Fragen nach der Größe des Autos bzw. nach den Rücksitzen. Wenn das System die Rolle eines an Komfort interessierten Käufers übernimmt, der auch als solcher erkannt werden möchte, werden die von CQH ausgewählten nächstmöglichen Äußerungen an die Unterinstantiierung zur Vorhersage ihrer Folgen auf die Hauptbewertungsdimension von $\mathcal{K}$ (hier z.B. "Komfort") übergeben. Vor und nach der Antizipation werden jeweils die Eindrücke von $\mathcal{V}$ über die Interessen des $\mathcal{K}$ eingeschätzt. Die Eindrucksverschiebung bzgl. der Interessen von $\mathcal{K}$ ergibt sich als die Differenz. Eine positive Verschiebung bedeutet aus der Sicht von $\mathcal{K}$, daß $\mathcal{V}$ ihm nach seiner Äußerung mehr Interesse in der entsprechenden Hauptdimension zuschreiben wird. Eine negative Verschiebung läßt auf eine geringere Interessenzuschreibung schließen. So erweist sich dann in dem Beispiel (s. Bild 5) der Gesamtnutzen der Frage nach der Größe des Autos höher als der Gesamtnutzen der Frage nach dem Benzinverbrauch.

[11] Jedes Attribut im Bewertungsformular hat Implikationen für eine oder zwei der sechs Bewertungsdimensionen (Schäfer, 1996). So hat z.B. das Attribut "Klimaanlage" eine positive Auswirkung auf die Dimension "Komfort" und eine negative auf "Umweltfreundlichkeit".

**4. Diskussion.** In dem vorgestellten Beispiel handelt es sich um einen an Komfort interessierten Käufer, der als solcher erkannt werden möchte. In alltäglichen Situationen kommt es jedoch häufig vor, daß ein Dialogpartner ein bestimmtes Bild seiner Interessen von sich geben möchte, das nicht notwendigerweise seiner tatsächlichen Einstellung entspricht. Beispielsweise könnte ein Käufer, der nicht nur als an Komfort interessiert gelten möchte, dem Verkäufer vorspielen, daß er auch an Umweltfreundlichkeit interessiert ist. Durch eine Unterscheidung zwischen tatsächlichen und projizierten Interessen (vgl. Jameson, 1989) kann diesem Sachverhalt Rechnung getragen werden. $\mathcal{K}$ würde dann seine Äußerungen mittels Antizipation so auswählen, daß das von $\mathcal{V}$ ihm zugeschriebene Interesse an Umweltfreundlichkeit wächst. Die Berücksichtigung der projizierten Einstellung findet erst bei der Antizipation der Reaktion von $\mathcal{V}$ statt. Im obigen Beispiel würden daher Äußerungen weggefiltert, die das zugeschriebene Interesse an Umweltfreundlichkeit verringert hätten.

# 6 Effizienzbetrachtungen

Ein ganzes System bei der Auswahl der nächsten Dialogäußerung rekursiv aufzurufen, erfordert verglichen mit lokalen Antizipationsrückkopplungsschleifen einen hohen Rechenaufwand. So stellt sich aus Effizienzgründen die Frage, wann und wie die globale Antizipation eingesetzt werden sollte. In PRACMA wurden verschiedene Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung betrachtet (Ndiaye & Jameson, 1996b), nämlich: Wie weit ist Vorausschau notwendig? Wann kann das System auf die globale Antizipation verzichten? Wie kann das Anpassen der Unterinstantiierung minimiert werden?

**Wie weit ist Vorausschau notwendig?** In den vorgestellten Beispielen schaut das System lediglich einen Schritt voraus. Es könnte aber die Entscheidungsbäume weiter expandieren, um weitere Schritte zu antizipieren. Beispielsweise schauen Schachprogramme mehrere Schritte voraus. In dem hier vorgestellten Ansatz bedeutet dies: Bei der Antizipation der Reaktionen von $\mathcal{B}$ muß $\mathcal{S}$ berücksichtigen, wie $\mathcal{B}$ wiederum $\mathcal{S}$s folgenden Schritt antizipiert, usw. Diese Vorgehensweise ist zeitaufwendig. Je weiter vorausgeschaut wird, desto unsicherer werden die antizipierten Reaktionen. Die Entscheidung darüber, wie weit vorausgeschaut werden soll, kann abhängig von den verfügbaren Ressourcen und der Wichtigkeit genauer Antizipation getroffen werden.

**Wann kann auf die globale Antizipation verzichtet werden?** Zur Effizienzsteigerung kann es vorteilhaft sein, die globale Antizipation erst in einer späten Phase der Äußerungsauswahl einzubeziehen. Z.B. fragt der DIALOG PLANNER bei der Bestimmung des nächsten Dialogzuges oft CQH — das Modul zur Äußerungsauswahl —, ob es sich grundsätzlich lohnt, eine Anmerkung eines bestimmten Typs zu machen. Auch wenn CQH eine geeignete Anmerkung findet, kann sich der Planer nachfolgend noch aufgrund anderer relevanter Kriterien für einen anderen Dialogzug entscheiden. CQH kann deshalb bei solchen Anfragen während der initialen Planungsphase auf die globale Antizipation der Reaktionen des Dialogpartners verzichten. Erst wenn der DIALOG PLANNER nachfolgend tatsächlich nach einer Anmerkung dieses Typs fragt, ruft CQH das Modul für die globale Antizipation auf. Es kann dann gelegentlich vorkommen, daß die von CQH vorgeschlagene Anmerkung sich nach der globalen Antizipation als nicht mehr günstig erweist. In diesem Fall muß CQH entweder eine alternative Anmerkung gleichen Typs liefern oder gegebenenfalls den Mißerfolg an den DIALOG PLANNER melden. Der Planer könnte dann z.B. neu planen oder auf den intendierten Zug verzichten und das Wort abgeben. (In der zwischenmenschlichen Kommunikation erinnert dies an die Situation einer Person, die den Mund aufmacht, um etwas zu sagen, jedoch nach genauerem Nachdenken über die Folgen schweigt.)

**Wie kann die Unterinstantiierung selektiv angepaßt werden?** Für eine präzise Antizipation wird das Modell vom Gesprächspartner in der Unterinstantiierung mithilfe der in der Hauptinstantiierung verfügbaren Informationen über die Einschätzung seines Wissens, seiner Bewertungskriterien und weiteren Merkmalen stets auf den neuesten Stand gebracht. Eine ständige Anpassung in der Unterinstantiierung kann daher zeitaufwendig werden. Jedoch kann dieser Prozeß selektiv erfolgen, zumal nicht jede Anpassung Auswirkungen auf die Antizipation des nächsten Dialogzuges hat.

# 7 Schlußbemerkungen

Die Erforschung und Verwendung globaler Antizipationsrückkopplungsschleifen ist für Dialogsysteme wegen der expliziten Modellierung des Interaktionspartners und der Vorwegnahme von dessen Reaktionen vorteilhaft. In diesem Aufsatz wurde ein Rahmen für globale Antizipation in einem rollentransmutierbaren Dialogsystem durch Rollenübernahme vorgestellt. Anhand einer prototypischen Implementierung im System PRACMA wurde die Realisierbarkeit einer solchen Technik in Dialogsystemen belegt. Es wurden auch Möglichkeiten zum effizienten Einsatz der globalen Antizipation erörtert. Die vorgestellten Erfahrungen aus PRACMA haben gezeigt, daß es viele potentielle Verwendungen und Erscheinungsformen der globalen Antizipation in Dialogsystemen gibt.

# Danksagung

Der Autor bedankt sich bei den beiden Gutachtern und bei Anthony Jameson, Ralph Schäfer und Thomas Weis für wertvolle Anregungen und Verbesserungsvorschläge zu früheren Versionen dieses Beitrags.

# Literatur

Amtrup, J. (1994). *ICE: INTARC Communication Environment – Design und Spezifikation*. Technical Report VM-Memo 48, Universität Hamburg, Hamburg.

Astington, J. W. (1993). *The child's discovery of the mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Blocher, A. & Schirra, J. R. J. (1995). Optional deep case filling and focus control with mental images: ANTLIMA-KOREF. In C. S. Mellish (Hrsg.), *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (S. 417–423). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.

DiStefano, J. J., Stubberud, A. R. & Williams, I. J. (1976). *Regelsysteme: Theorie und Anwendung mit Beispielen aus Technik, Physik und Biologie*. Düsseldorf: MacGraw-Hill.

Flavell, J. H., Botkin, P. T., Fry Jr., C. L., Wright, J. W. & Jarvis, P. E. (1968). *The development of role-taking and communication skills in children*. New York: Wiley.

Fudenberg, D. & Tirole, J. (1991). *Game theory*. Cambridge, MA: MIT Press.

Geist, A., Beguelin, A., Dongorra, J., Jiang, W., Manchek, R. & Sunderman, V. (1994). *PVM: Parallel Virtual Machine. A user's guide and tutorial for networked parallel computing*. Cambridge, MA: MIT Press.

Geulen, D. (Hrsg.) (1982). *Perspektivenübernahme und soziales Handeln: Texte zur sozial-kognitiven Entwicklung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Guillaume, P. (1954). *Introduction à la psychologie*. Paris: J. Vrin.

Higgins, E. T. (1981). Role taking and social judgment: Alternative developmental perspectives and processes. In J. H. Flavell & L. Ross (Hrsg.), *Social cognitive development: Frontiers and possible futures* (S. 119–153). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Hustadt, U. & Nonnengart, A. (1993). Modalities in knowledge representation. In *Proceedings of the Sixth Australian Joint Conference on Artificial Intelligence* (S. 249–254). Singapore: World Scientific Publishing.

Jameson, A. (1989). But what will the listener think? Belief ascription and image maintenance in dialog. In A. Kobsa & W. Wahlster (Hrsg.), *User models in dialog systems* (S. 255–312). Berlin: Springer.

Jameson, A. (1993). Müssen Dialogsysteme immer objektiv sein? Fragen wir sie selbst! *Künstliche Intelligenz, 7* (2), 75–81.

Jameson, A., Kipper, B., Ndiaye, A., Schäfer, R., Simons, J., Weis, T. & Zimmermann, D. (1994). Cooperating to be noncooperative: The dialog system PRACMA. In B. Nebel & L. Dreschler-Fischer (Hrsg.), *KI-94: Advances in artificial intelligence* (S. 106–117). Berlin: Springer.

Jameson, A., Schäfer, R., Simons, J. & Weis, T. (1995). Adaptive provision of evaluation-oriented information: Tasks and techniques. In C. S. Mellish (Hrsg.), *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (S. 1886–1893). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.

Jameson, A. & Wahlster, W. (1982). User modelling in anaphora generation: Ellipsis and definite description. *Proceedings of the Fifth European Conference on Artificial Intelligence*, Orsay, Frankreich, 222–227.

Joshi, A., Webber, B. & Weischedel, R. M. (1984). Living up to expectations: Computing expert responses. *Proceedings of the Fourth National Conference on Artificial Intelligence*, Austin, TX, 169–175.

Jung, J., Kresse, A., Reithinger, N. & Schäfer, R. (1989). Das System ZORA: Wissensbasierte Generierung von Zeigegesten. In D. Metzing (Hrsg.), *GWAI-89: Proceedings of the Thirteenth German Workshop on Artificial Intelligence* (S. 190–194). Berlin: Springer.

Ndiaye, A. (1996). *Globale Antizipation in einem transmutierbaren Dialogsystem*. Dissertation, Universität des Saarlandes. In Vorbereitung.

Ndiaye, A. & Jameson, A. (1994). Supporting flexibility and transmutability: Multi-agent processing and role-switching in a pragmatically oriented dialog system. In P. Jorrand & V. Sgurev (Hrsg.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Artificial Intelligence: Methodology, Systems, Applications* (S. 381–390). Singapore: World Scientific Publishing.

Ndiaye, A. & Jameson, A. (1996a). Global anticipation feedback as a user modeling technique for dialog systems. *Actes du 3^e Colloque Africain sur la Recherche en Informatique (CARI'96)*, Libreville, Gabun.

Ndiaye, A. & Jameson, A. (1996b). Predictive role taking in dialog: Global anticipation feedback based on transmutability. In S. Carberry & I. Zukerman (Hrsg.), *Proceedings of the Fifth International Conference on User Modeling* (S. 137–144). Boston, MA: User Modeling, Inc.

Novak, H.-J. (1987). Strategies for generating coherent descriptions of object movements in street scenes. In G. Kempen (Hrsg.), *Natural language generation: New results in artificial intelligence, psychology, and linguistics* (S. 117–132). Dordrecht, Niederlande: Nijhoff.

Piaget, J. (1992). *Biologie et connaissance: Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Lausanne: Delachaux et Niestlé.

Rauhut, B., Schmitz, N. & Zachow, E.-W. (1979). *Spieltheorie – Eine Einführung in die mathematische Theorie strategischer Spiele*. Stuttgart: Teubner.

Schäfer, R. (1996). *Bayesian networks for inferences about evaluation processes in dialog*. Zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.

Schirra, J. R. J. (1995). *Bildbeschreibung als Verbindung von visuellem und sprachlichem Raum – Eine interdisziplinäre Untersuchung von Bildvorstellungen in einem Hörermodell*. DISKI – Dissertationen zur KI. Sankt Augustin: Infix Verlag.

von Winterfeldt, D. & Edwards, W. (1986). *Decision analysis and behavioral research*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Wahlster, W. & Kobsa, A. (1989). User models in dialog systems. In A. Kobsa & W. Wahlster (Hrsg.), *User models in dialog systems* (S. 4–34). Berlin: Springer.

Whiten, A. (Hrsg.) (1991). *Natural theories of mind: Evolution, development and simulation of everyday mindreading*. Oxford, UK: Basil Blackwell.

Whiten, A. & Perner, J. (1991). Fundamental issues in the multidisciplinary study of mindreading. In A. Whiten (Hrsg.), *Natural theories of mind: Evolution, development and simulation of everyday mindreading* (S. 1–17). Oxford, UK: Basil Blackwell.

Zukerman, I. & McConachy, R. (1993). Consulting a user model to address a user's inferences during content planning. *User Modeling and User-Adapted Interaction, 3,* 155–185.