

Problemlösen zu zweit

Hansruedi Kaiser, 1984

Erschienen als: Kaiser, H. (1987). Wissensaustausch im Dialog: Wie Menschen und Computer voneinander lernen können. Bern: Huber.

VORSPANN

1. Problemstellung
2. Rahmenvorstellungen und Ziele
3. Genauere Eingrenzung der behandelten Situation
4. Eine Lesehilfe

Problemstellung

Ich möchte in dieser Arbeit Verständigungsprobleme untersuchen, d.h. Probleme, die dann auftreten können, wenn zwei Menschen versuchen, Teile ihres Wissens auszutauschen.

Ich denke dabei an Situationen wie die folgende: Frau Müller erklärt ihrem Mann, wie der Motor ihres Autos funktioniert, damit er sich bei der nächsten Panne besser zu helfen weiss. Oder: Hans und Ruedi sitzen hinter der Garage und tragen zusammen, was sie über Physik wissen, da sie eine Mondrakete basteln mochten; etc. Es geht also um Situationen, in denen das Wissen über einen Gegenstand anfänglich auf zwei Personen verteilt ist (z.B. das Vorwissen über Motoren bei den Müllers, bzw. die Physikkenntnisse bei Hans und Ruedi) und dann nach einem kürzeren oder längeren Gespräch beiden Personen zugänglich sein sollte, soweit das für die Lösung des anstehenden Problems notwendig ist.

In beiden Beispielen kann es geschehen, dass die Absicht, die hinter dem Gespräch steckt, nicht verwirklicht werden kann. Sei es, dass Herr Müller trotz den Bemühungen seiner Frau nachher noch immer nicht weiss, wozu eine Zündkerze gut ist; sei es, dass Hans und Ruedi frustriert in einer Menge unvollständiger Pläne stecken bleiben. Natürlich sind die verschiedensten Ursachen für solche Misserfolge denkbar. Herr Müller könnte z.B. Mühe haben, von seiner Frau Erklärungen über technische Dinge zu akzeptieren, und deshalb hört er gar nicht richtig zu. Oder Hans und Ruedi haben in der Schule nicht genügend aufgepasst, so dass ihr gesammeltes Wissen einfach nicht zum Bau einer Rakete ausreicht; etc. . Unter all den möglichen Ursachen möchte ich hier einen ganz speziellen Fall herausgreifen.

Ich gehe im folgenden von der Annahme aus, dass beide Gesprächspartner guten Willens sind, das Problem kooperativ zu lösen, und dass ihr Wissen über den Gegenstand prinzipiell auch ausreicht, um zu einer Lösung zu gelangen. Schwierigkeiten sollen nur im eigentlichen Ablauf des Dialogs auftreten, so dass es den beiden nicht gelingt, das vorhandene Wissen in ausreichendem Mass von einer Person auf die andere zu übertragen. Mich interessiert hier also der kognitive Prozess der Informationsübertragung zwischen zwei Personen und die damit verbundenen Probleme.

Meine ganz ursprüngliche Motivation zur Untersuchung solcher Situationen stammt wohl daher, dass ich glaube, schon oft an solchen Situationen beteiligt gewesen zu sein. Und das meist in der Form, dass ich etwas zu erklären versuchte und einfach nicht auszumachen war, warum diese Erklärung von meinem Gegenüber nicht verstanden wurde. Entsprechend dieser Motivation wäre es das Ziel dieser Arbeit, einen Satz von Kommunikationsregeln zu finden, die in solchen Situationen weiterhelfen.

Soweit ich sehen kann, sind die hier angesprochenen Probleme relativ weit verbreitet. Sie können z.B. in beliebigen Beratungssituationen auftreten. Sei es in dem relativ einfachen Fall, wo eine Person einer anderen den Weg erklärt; sei es in komplexeren Situationen, wie etwa wenn ein Statistikexperte versucht, einem Psychologen bei der Auswertung seiner Daten behilflich zu sein. Sie können aber auch auftreten, wenn das Wissen symmetrischer zwischen den beteiligten Personen verteilt ist. Z.B. wird die Arbeit von interdisziplinär zusammengesetzten Teams oft von solchen Verständigungsproblemen belastet. Es dürfte also ein breiteres Interesse an Kommunikationsregeln für solche Situationen bestehen, so dass es mir gerechtfertigt scheint, einige Zeit und Energie in die Bearbeitung des Problems zu investieren.

Interessanterweise finden sich kaum Untersuchungen und Überlegungen, die sich genau mit dieser Problematik beschäftigen. In der Psychologie ist die Untersuchung von Kommunikationsphänomenen

weitgehend ein Teilgebiet der Sozialpsychologie geworden, die sich dann aber naturgemäss v. a. mit der Auswirkung wertender Haltungen wie Einstellungen, Bedürfnisse, etc. auf das Misslingen von Kommunikation beschäftigt, Einflüsse, die hier explizit nicht betrachtet werden sollen. Gewisse Ansätze, die in die Richtung "kognitive" Anforderungen in Kommunikationsprozessen gehen, findet man allenfalls in der Kleingruppenforschung, wenn Gruppenleistungen untersucht werden (als Überblick z.B. Schneider, 1975). Die Fragestellung ist dabei aber meist sehr global (z.B. "leistet eine Gruppe mehr als einzelne Individuen?"), so dass sich kaum Aussagen über die ablaufenden Kommunikationsprozesse finden. Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen über die Auswirkung verschiedener Kommunikationsnetze (als Überblick z.B. Shaw, 1971), die aber natürlich auf die Zweipersonen-Situation nicht übertragbar sind. Die kognitive Psychologie hat sich bisher so gut wie ausschliesslich mit den Problemen isolierter Individuen (Problemlosen, Begriffsbildung, Gedächtnis, Textverständnis, etc.) beschäftigt und noch kaum in Betracht gezogen, dass sich kognitive Prozesse auch zwischen Individuen abspielen können.

Selbstverständlich sind die über isolierte Individuen vorliegenden Resultate und Überlegungen im Kontext des Dialogs verwendbar, da ja jeder der beiden, Partner auch isoliert betrachtet werden kann. Allerdings werden sie im Rahmen der Gesamtsituation unter Umständen eine andere Bedeutung erhalten. Ähnliches gilt für linguistische und psycholinguistische Ansätze. Hier ist es v.a. so, dass sie sich bisher im wesentlichen um Einwegprozesse bemüht haben, die von einem Sprecher/Sender zu einem Hörer/Empfänger gehen (produzieren von grammatikalisch korrekten Sätzen, Erkennen von grammatikalisch korrekten und unkorrekten Sätzen, Auf lösen von Referenzen, Metaphern und Ellipsen; und dies jeweils im leeren Raum oder in konkreten Gesprächssituationen (Sprechakttheorie)), und noch kaum Prozesse betrachtet haben, die zwischen zwei Personen mehrmals hin und her wechseln.

Eingehender haben sich natürlich die verschiedensten psychotherapeutischen Ansätze mit dem beschäftigt, was zwischen zwei kommunizierenden Personen geschieht. Ihnen geht es aber meist um Probleme, bei denen der emotionale Aspekt im Vordergrund steht. Zudem steht bei diesen Ansätzen im Zentrum v.a. das Bemühen, dem einen Partner Wissen - kognitiver oder emotionaler Natur - zugänglich zu machen, das er eigentlich besitzt, über das er aber nicht verfügt (z.B. "verdrängte Inhalte" in der Psychoanalyse, "verborgene Aspekte seines Selbst" (Rogers, 1976 (1961), S.123) bei den humanistischen Ansätzen etc.). Damit möchte ich mich hier aber gerade nicht beschäftigen, d.h. ich werde die Menge des Wissens, die jedem Partner zugänglich ist, als gegeben voraussetzen. Allenfalls verwendbar konnten die Kommunikationsaxiome von Watzlawik et al. (1974) sein, und dort vor allem die Befunde betreffend die unterschiedliche Interpunktion eines Gesprächsablaufs durch die beiden Partner.

Am ehesten findet man noch geeignete Überlegungen im Rahmen der künstlichen Intelligenz, die dann auch im folgenden ein eigentliches Fundament abgeben wird. Besonders relevant ist hier der Bereich der Mensch-Maschine Kommunikation (etwa die "Kommunikationsprogramme" SHRDLU (Winograd, 1972), PARRY, ELIZA und andere mehr (vgl. Boden, 1977)). Aber auch diese Ansätze beschäftigen sich im Grunde genommen immer nur mit der einen Hälfte des Problems, nämlich mit dem Verhalten des einen Gesprächspartners, der Maschine. Welche Leistungen der menschliche Partner erbringen muss, damit der Dialog trotz der beschränkten Fähigkeiten der Maschine funktioniert, findet in den Überlegungen normalerweise keinen Eingang.

Als Ausgangsmaterial für diese Arbeit lassen sich also zwar viele Hinweise dafür finden, wie einzelne Details innerhalb des Kommunikationsablaufs strukturiert sein konnten, aber kaum Überlegungen und Untersuchungen, wie sie zusammenwirken. Oder wie Norman in seinem programmatischen Artikel zum Stand der "cognitive science" (1981a, S.283) unter "interaction" schreibt: "Much of the study of cognitive processes has been the study of the isolated person. Much of the study of interactive groups has been the dynamics of the Situation, of the behavioral 'aspects of the group. To my knowledge, little has been done to combine these efforts, to examine the individual cognitive processes as they are used within interactive settings."

Entsprechend dieser Ausgangslage ist diese Arbeit hier v.a. ein tastender Versuch, das unbekannte Gelände etwas zu strukturieren.

Rahmenvorstellungen und Ziele

1. "Wissen"
2. Wissenschaftstheoretischer Standpunkt
3. Vorgehen
4. Negative Analogien des Computers als Modell menschlichen Verhaltens

5. Neutrale und positive Analogien des Computermodells

Bevor ich mich dem eigentlichen Problem zuwende, scheint es mir wichtig, ein paar grundsätzliche Bemerkungen zu machen - einerseits über einige Schemata, die mein Denken prägen, und andererseits über die verfolgten Ziele« Dabei werde ich mich relativ knapp fassen, obwohl sich zu jedem der angesprochenen Punkte ganze Bücher schreiben lassen. D.h. der Zweck der folgenden Ausführungen ist es nicht, die angesprochenen Probleme zu diskutieren, sondern sie stellen einfach den Versuch dar, explizit zu machen, auf welchem Hintergrund die Arbeit zu verstehen ist (viele Punkte sind ausführlicher diskutiert in meiner Lizentiatsarbeit (Kaiser, 1980)).

2. 1 "Wissen"

In der von mir aufs Korn genommenen Situation wird Wissen von einer Person zu einer anderen übertragen. Damit wir darüber sprechen können, was dabei geschieht, ist es notwendig festzulegen, was wir unter "Wissen" verstehen wollen. Natürlich sind darüber seit eh und je philosophische Kontroversen im Gange. Auf diese mochte ich hier aber nicht eingehen, sondern ich stelle hier einfach dar, was ich unter "Wissen" im Rahmen dieser Arbeit verstehen will; nämlich:

Wissen ist immer Wissen einer Person über einen Gegenstand (wobei es keine Rolle spielt, ob der Gegenstand "real existiert" oder eine "Fiktion" ist). Die Beziehung zwischen der Person, ihrem Wissen und dem Gegenstand besteht darin, dass das Wissen den Gegenstand in einer für die Person nützlichen Form abbildet, also ein Modell des Gegenstandes darstellt (vgl. z.B. Minsky, 1968). Folglich lassen sich Wissensstücke immer als (Teil-)Modelle betrachten.

Um ein Modell zu beschreiben, bedarf es zumindest der fünf folgenden Bestimmungsstücke (manche Autoren verwenden bis zu zehn, die sich aber meines Erachtens alle dadurch, dass man den Begriff des "Modellziels" etwas grosszügig fasst, auf die fünf hier genannten reduzieren lassen) (vgl. z.B. Fertig, 1977).

I. Das Subjekt, d.h. die "Person", die das Modell zu ihrem Zweck gemacht hat: Modelle und damit Wissen bestehen nicht einfach in einem platonischen Ideenhimmel, sondern werden von konkreten Personen hergestellt und sind mit diesen verbunden. Dies zu beachten ist besonders wichtig, wenn man davon spricht, dass Wissen von einer Person auf eine andere "übertragen" wird. Das kann nur geschehen, indem jede Person aufgrund der stattfindenden Kommunikation ihr eigenes Modell aufbaut.

II. Der Prototyp, d.h. der Gegenstand, der im Modell "abgebildet" wird.

III. Das Modellziel, d.h. der Zweck, zu dem das Modell gemacht wird:

Einerseits schreibt der Gegenstand, der modelliert werden soll, nie von sich aus vor, wie ein Modell über ihn genau auszusehen hat. Es gibt immer eine Vielzahl von Möglichkeiten, denselben Gegenstand zu modellieren, und die Wahl unter diesen Möglichkeiten geschieht aufgrund der Ziele, die das modellierende Subjekt verfolgt. Und zum zweiten gilt natürlich auch das Umgekehrte, dass nämlich nie ein Gebilde automatisch das Modell eines Gegenstandes ist, sondern es wird nur über die Absicht des modellierenden Subjekts mit diesem verbunden (vgl. etwa Habermas, 1968).

IV. Das Modellsystem, d.h. das, was sich am augenfälligsten als das "eigentliche Modell" darbietet, bestehend aus gewissen "Dingen" (Bausteinen) und Relationen zwischen diesen, mit deren Hilfe der Gegenstand modelliert wird.

Normalerweise erhebt aber nicht jedes Detail des Modellsystems den Anspruch, etwas am Prototypen abzubilden. Die Aspekte des Modellsystems, die diesen Anspruch erheben, sollen im folgenden "positive Analogien" heissen. Aspekte, die diesen Anspruch nicht erheben sind neutrale Analogien; und sollte sich zeigen, dass etwas am Modellsystem den Prototypen falsch, d.h. nicht dem Ziel entsprechend, abbildet, dann sprechen wir von einer "negativen Analogie".

V. Die Modellrelation, d.h. die Regeln, die Aspekte des Modells mit Aspekten des Gegenstandes in Verbindung setzen. Diese Regeln dürfen nicht einfach als statische Zuordnungsregeln missverstanden werden, sondern sind im allgemeinen dynamische Handlungsanweisungen (Prozeduren), die Aussagen darüber machen, wie man vom Gegenstand zum Modell und wieder zurück gelangt.

Diese fünf Bestimmungsstücke werden im folgenden eine Art Raster bilden, mit dem sich das Problem der Übermittlung von Wissen strukturieren lässt. Nun soll "Wissen" aber hier nicht jede Art von Modell (z.B. eine Modelleisenbahn) bezeichnen, sondern nur Modelle, deren Modellsysteme "symbolischer Natur" sind, wie Sprachen (Umgangssprache, Programmiersprachen etc.), Gedanken etc.. Solche

Modelle werde ich als Repräsentationen bezeichnen, und ich werde im folgenden "Wissen" und "Repräsentation" synonym verwenden.

2.2 Wissenschaftstheoretischer Standpunkt

Auch "wissenschaftliches" Wissen besteht aus Modellen von Gegenständen und unterscheidet sich in dieser Hinsicht in nichts von "unwissenschaftlichem" Wissen. Das entscheidende Kennzeichen wissenschaftlicher Modelle liegt in ihrer Zielsetzung, darin nämlich, dass eines ihrer expliziten Ziele ihre "Mitteilbarkeit" ist. Das heisst, damit sich ein Modell "wissenschaftlich" nennen kann, muss gewährleistet sein, dass im Prinzip (fast) jeder Mensch, dessen Zielsetzung mit dem Modellziel übereinstimmt, es nachbilden kann, so dass es zu seinem Modell, zu seinem Wissen wird.

Abgesehen von diesem einen verbindlichen Ziel, können wissenschaftliche Modelle den verschiedensten Zielen dienen. Und wie bei jedem Modell haben die Ziele Einfluss auf die Form des Modells und die Kriterien, nach denen die Adäquatheit des Modells beurteilt wird.

Mein Ziel hier ist es, wie gesagt ein System von Regeln zu finden, das, wenn von den Gesprächspartnern angewendet, diesen hilft, mit bestimmten Kommunikationsproblemen fertig zu werden. In der Terminologie von Habermas (1968) handelt es sich bei meinem Interesse folglich um ein praktisches Erkenntnisinteresse. Dieses Erkenntnisinteresse ist (zumindest bei mir) mit folgendem Menschenbild verbunden:

a) Menschliches Verhalten ist in weiten Bereichen Verhalten, das durch gegenseitig akzeptierte Regeln geleitet wird (im Gegensatz zu Verhalten, das durch "Naturgesetze" determiniert ist).

b) Ein typisches Phänomen solch regelgeleiteten Verhaltens ist es, dass die Regeln gebrochen werden können, d.h. dass regelgeleitete Individuen über eine Handlungsfreiheit verfügen (vgl. etwa Bennett, 1967). Diese Freiheit impliziert, dass es im menschlichen Verhalten Momente geben muss, in denen die Wahl zwischen Handlungsalternativen durch keine Regel zu beschreiben ist (s.u.).

Es geht also in dieser Arbeit darum, für frei kommunizierende Menschen Regeln zu finden, die ihnen helfen, ihre Kommunikation effektiver zu gestalten. Die Konsequenzen aus diesem Ziel für Theorie und Methode lassen sich am einfachsten in Form einer Abgrenzung gegen gängige Ideale angeben. Diese sind im wesentlichen:

a) Es gibt keinen Experimentator, der eine Person in eine Situation bringt (=Treatment), in der zwangsläufig etwas geschieht; sondern die Beteiligten einigen sich im Wissen um die Bedeutung der Situation darauf, die jeweils vorgeschlagenen Regeln anzuwenden. Dies gilt sowohl für die Entwicklung der Regeln wie für ihre Anwendung.

b) Das Regelsystem muss nicht notwendigerweise vollständig determiniert sein; d.h. es kann auch geschehen, dass oft gleichzeitig mehrere (eventuell sogar widersprüchliche) Regeln anwendbar sind, zwischen denen frei gewählt werden kann und muss •

2.3 Vorgehen

Ein mögliches, und wie mir scheint, vielversprechendes Vorgehen, um zu dem angestrebten Regelsystem zu gelangen, ist es, ein detailliertes Beschreibungsmodell für die betrachtete Situation zu finden. Dieses Modell muss v.a. darstellen, welche Leistungen von den Gesprächspartnern erbracht werden müssen, damit die Kommunikation gelingt. Denn anhand der Liste der geforderten Leistungen lässt sich eine analoge Liste der möglichen Pannen erstellen, d.h. der möglichen Schwachpunkte im Kommunikationsprozess.

Hat man solche potentiellen Störungen des Prozesses gefunden, lassen sich dann daraus - und dem generellen Verständnis des Prozesses - Regeln zu ihrer Behebung ableiten. Diese Regeln können versuchsweise in die Kommunikation eingebracht werden und führen aufgrund des Erfolges oder Misserfolges, der mit ihnen erzielt wird, zu einer Modifikation des Modells, etc. Auf diesem iterativen Weg sollte es möglich sein, gleichzeitig das Verständnis der Situation und das System der Regeln allmählich zu verbessern und praktikabel zu machen.

Wie immer, wenn es darum geht, komplexe informationsverarbeitende Prozesse darzustellen, so dass v.a. die Teilleistungen, die erbracht werden müssen, klar hervortreten, bietet es sich an, eine Computersimulation der Situation zu versuchen. Computer eignen sich sehr gut als Informationsverarbeiter. Und ein Computerprogramm hat gegenüber einer Papier-und-Bleistift-Theorie den Vorteil, dass darin einerseits wesentlich komplexere Prozesse untergebracht werden können, als

sie sich auf Papier noch übersichtlich darstellen lassen; und dass dann andererseits diese Prozesse ständig dem Kriterium "es funktioniert/ es funktioniert nicht**" unterworfen werden können. Es ist so möglich, ausgehend von einem sehr rudimentären Modell/Programm, sukzessive neue Teilleistungen einzubauen, bis eine befriedigende Gesamtleistung erreicht ist. Die Hoffnung scheint mir berechtigt, auf diesem Weg zu einer relevanten Liste von Teilleistungen zu gelangen. Zudem liegen, wie oben erwähnt, im Bereich der künstlichen Intelligenz am meisten brauchbare Resultate vor, die sich so zwanglos aufgreifen lassen.

Um von dieser Liste der Teilleistungen zu einer Liste der möglichen Pannen zu gelangen, wird man so vorgehen, dass man die Bedingungen, unter denen das Programm arbeitet, systematisch variiert und dann feststellt, in welchen Momenten welche Teilleistungen ausfallen. Daraus lassen sich Regeln ableiten, die wenn sie befolgt werden, das Auftreten der entsprechenden Probleme verhindern. Damit die Liste der möglichen Pannen aber überhaupt relevant ist (und damit die abgeleiteten Regeln), müssen mindestens die folgenden drei Bedingungen erfüllt sein.

Zum ersten müssen die Pannen Pannen sein, die nicht einfach darauf zurückzuführen sind, dass das Programm zu wenig leistungsstark ist, d.h. Leistungen nicht erbringt, die ein Mensch in der gleichen Situation ohne weiteres erbringen würde. Regeln, die sich aus solchen Pannen ableiten lassen, sind zwar zutreffend, aber praktisch nicht von grossem Interesse. Um nicht solche Regeln unnötig in den iterativen Prozess der Modellentwicklung einzuschleppen, ist es deshalb sinnvoll, in einer ersten Phase - wie oben schon formuliert - das Programm allein zu entwickeln, bis es eine befriedigende Leistung erbringt. Was "befriedigend" ist, muss dabei rein intuitiv abgeschätzt werden. Dann kann man in einer zweiten Phase das Programm sich mit einem menschlichen Partner unterhalten lassen. Dieser menschliche Partner ist dabei gezwungen, sich der (sicherlich) beschränkten Situation anzupassen, für die das Programm entwickelt wurde, und dabei wird es möglich sein, noch vorhandene Defizite des Programms gegenüber dem menschlichen Partner auszumerken (sofern die gewählte Situation beschränkt genug ist).

Zum zweiten sollte die Situation, die das Programm bewältigen kann, unter normalen Kommunikationsverhältnissen einigermaßen verbreitet sein, damit die abgeleiteten Regeln von Interesse sind. Da aber erst mit der Entwicklung des Programms überhaupt ein Beschreibungsmodell für Kommunikationssituationen entsteht, ist es unmöglich, dieses Ziel von Anfang an zu verfolgen. Deshalb bietet es sich an, zuerst eine Situation rein pragmatisch danach auszuwählen, wie gut sie vom Programm bewältigt werden kann. Verwendet man dann in der zweiten Phase menschliche Gesprächspartner, lassen sich diese befragen, wie weit sie die vom Programm bewältigte Situation als "normal" erleben, und wo Abweichungen bestehen. Diese Daten, zusammen mit einer Analyse von typischen Alltagsproblemsituationen, können anschliessend dazu verwendet werden, das Modell (sofern möglich auch das Programm) auf gängigere Situationen auszuweiten und das so erweiterte Modell in einer dritten Phase auf Gespräche mit nur menschlichen Partnern anzuwenden.

Und zum dritten sollten die Pannen nicht einfach dadurch bedingt sein, dass sich menschliches Verhalten nur begrenzt in Computerprogrammen abbilden lässt, d.h. das auf dem Computer aufgebaute Modell sollte nicht schon dadurch hoffnungslos inadäquat sein, weil es der Beschränktheit dessen unterliegt, was auf einem Computer überhaupt möglich ist. Diesem Problem möchte ich ein paar ausführliche Überlegungen widmen.

2.4 Negative Analogien des Computers als Modell menschlichen Verhaltens

Die Frage ist also, ob der Computer überhaupt menschliches Verhalten adäquat abbilden kann oder ob eine solche Abbildung irgendwo eine Verkürzung enthält, die eventuell die Verwendung eines Programms als Modell für unsere Zwecke unmöglich macht.

Typisch für das Verhalten eines Computers ist es, dass für jedes Detail, jede Nuance dieses Verhaltens eine Regel im voraus festgelegt sein muss. Ein Computer kann sein Verhalten nur ändern, wenn eine Regel darüber besteht, wann und wie er eine solche Änderung vornehmen soll (wobei diese Regel natürlich auch Pseudozufallsprozesse beschreiben kann). Dies gilt auch für "Lernprozesse", die ohne "Lernregeln" nicht auskommen.

Für die Beschreibung menschlichen Verhaltens dagegen gibt es eine lange Tradition - in welche ich mich ja auch einreihen möchte -, die annimmt, dass sich beim Menschen zumindest ab und zu Verhaltensänderungen bzw. Verhaltensmuster finden lassen» für die im voraus keine Regel festgelegt war, d.h. dass der Mensch zumindest teilweise "frei" handeln kann.

Natürlich gibt es keine Möglichkeit, diese Ansicht (wie übrigens jede Ansicht, sei sie nun "wissenschaftlich" oder "unwissenschaftlich") irgendwie zu beweisen. Gegner dieser Ansicht haben es

auch relativ leicht, da sich einerseits im Nachhinein natürlich immer eine Regel konstruieren lässt, die das unerwartete Verhalten zum erwarteten Verhalten macht. Und da sich zweitens die Tatsache, dass es überhaupt unerwartetes Verhalten gibt, mit dem Hinweis auf die Komplexität des Menschen wegerklären lässt. Andererseits lassen sich aber auch sehr gute Gründe dafür anführen, dass es notwendig ist, menschliches Verhalten als prinzipiell frei zu betrachten. Doch diese Diskussion wird an einem anderen Ort geführt (eine etwas ungewöhnliche, aber sehr anregende Darlegung der Problematik findet sich in Benett, 1967). Ich möchte mich hier auf den relativ pragmatischen Standpunkt stellen, dass es zumindest zwei in unserem Zusammenhang relevante Gründe gibt, die es mir sinnvoll erscheinen lassen, das Moment der "Freiheit" bei der Beschreibung menschlichen Verhaltens mit einzuschliessen.

Einmal beruht ja die gesamte menschliche Interaktion und die dabei so zentrale Gewohnheit, Personen Verantwortung zuzuschreiben, auf der Annahme, dass sich Menschen "frei" verhalten können. Und die Gesprächspartner in den für uns interessanten Situationen werden sich auch solche "Freiheiten" attribuieren, also jedes vorgeschlagene Regelsystem so benutzen, als hätten sie die "Freiheit", ohne Regeln zu handeln. D.h. jedes praktisch relevante Modell menschlichen Verhaltens wird bei der Anwendung automatisch von den Anwendern so interpretiert, als würde es "Freiheit" mit einschliessen. Deshalb ist es notwendig, dass schon der Hersteller des Modells dies berücksichtigt, wenn er nicht riskieren will, dass sein Modell falsch interpretiert wird.

Zum zweiten ist die Willkürlichkeit oder Variabilität menschlichen Verhaltens so gross, dass es einer immens vielschichtigen Hierarchie von Regeln und Regelsystemen bedürfte, um dies alles festzulegen. Die Annahme einer solch tiefen Hierarchie scheint mir aber nun schon rein forschungsstrategisch nicht sehr sinnvoll. Wahrscheinlich führt es weiter anzunehmen, dass menschliche Regelsysteme nur über wenige Hierarchieniveaus verfügen und dass dann auf dem obersten Niveau ständig mehrere "gleichwertige" Regeln zur Verfügung stehen, zwischen denen "frei" gewählt wird.

So gesehen besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen der von mir gewählten Beschreibung menschlichen Verhaltens und dem Verhalten eines Computers darin, dass Menschen "regelfrei" handeln können, Computer dagegen nicht. In einer Computersimulation lässt sich also menschliches Verhalten nur soweit abbilden, soweit es sich an Regeln hält. Ob und wie weit dies in unserem ganz speziellen Fall eine Einschränkung darstellt, ist schwierig abzuschätzen. Klare Aussagen darüber werden sich wohl erst im Laufe des Aufbaus des Simulationsprogramms ergeben.

Kritisch scheinen mir aber folgende Punkte:

- Das Simulationsprogramm wird natürlich immer nur für eine bestimmte, durch Regeln begrenzte Menge von Verhaltensmöglichkeiten gelten. Dies stellt weniger ein Problem dar, wenn relativ einfache Prozesse - z.B. eine Person erklärt einer anderen den Weg zu einem bestimmten Punkt - beschrieben werden sollen. Solche Situationen sind relativ klar umschrieben. Die Rolle von Lehrer (der, der erklärt) und Lerner (der, der etwas wissen möchte) sind fest verteilt und das Handlungsziel ist eindeutig. Hier besteht für die Beteiligten kaum ein Grund, warum sie sich nicht an relativ stereotype Muster und Regeln halten sollten. Anders dagegen ist z.B. die Schulsituation. Auch hier kann natürlich die Rollenverteilung starr sein. Aber möglicherweise würde hier in gewissen Situationen gerade das Verlassen des so reglementierten Verhaltens - also des Bereichs, der durch eine Simulation erfasst werden kann - eine Verbesserung der Kommunikation bringen. (Dieses Problem existiert natürlich unabhängig davon, ob "regelloses" Verhalten möglich ist, wird aber dadurch noch akzentuiert.)

- Wie in den Zielen formuliert, soll das Regelsystem, das es zu erarbeiten gilt, nicht deterministisch angelegt werden. Das entspricht der Selbstwahrnehmung der Gesprächsteilnehmer, dass sie prinzipiell frei sind, welche Regel des Systems sie gerade anwenden wollen (wenn überhaupt eine), also dass es dazu keine Metaregel braucht. Baut man aber die erarbeiteten Regeln in das Simulationsprogramm ein, um seine Leistung zu verbessern, kommt man nicht ohne eine solche Metaregel aus. Hier liegt ein durch die Verwendung des Computers allein begründeter Zwang vor, dessen Auswirkung auf jeden Fall im Auge behalten werden muss.

2.5 Neutrale und positive Analogien des Computermodells

Wie jedes Modell weist auch ein Computerprogramm neutrale Analogien auf, d.h. Aspekte, von denen nicht behauptet wird, dass sie irgend etwas am Prototyp abbilden. In unserem Fall setzen wir das Modell dazu ein, um darzustellen, welche Leistungen die beiden Gesprächspartner erbringen müssen. Wie sie diese Leistungen erbringen, ist dabei nicht von zentraler Bedeutung, und folglich können wir die Art, wie das Programm die entsprechende Leistung erbringt, als neutrale Analogie betrachten.

Konkret heisst das z.B., dass, wenn ein Gesprächspartner etwas wissen will, er selbstverständlich in der Lage sein muss, eine sprachlich formulierte Frage zu stellen. Genauso muss das Computermodell diese Leistung erbringen können. Diese Notwendigkeit stellt eine positive Analogie des Modells dar; wie das Modell dies aber genau macht, ist eine neutrale Analogie, d.h. will nichts darüber aussagen, wie der Mensch das machen würde,

Selbstverständlich ist dieser Schnitt zwischen der Aussage "eine Leistung wird erbracht" und "eine Leistung wird so und so erbracht" im konkreten Fall willkürlich, denn jede Leistung lässt sich wieder in Teilleistungen aufgliedern, und man könnte auch die Ebene dieser Teilleistungen als die Ebene der positiven Analogien betrachten. An welcher Stelle der Schnitt sinnvollerweise angebracht wird, wird sich erst im Prozess der interaktiven Modellentwicklung zeigen. Für das Verständnis des folgenden ist aber wichtig, dass nur Aspekte des Modells, die explizit als solche bezeichnet werden, als positive Analogien gelten. Die restlichen Details der Implementation sind jeweils als neutrale Analogien zu betrachten.

3. Genauere Eingrenzung der behandelten Situation

Bevor es nun möglich ist, ein Simulationsprogramm zu entwerfen, ist es notwendig, die damit zu erfassende Situation etwas näher zu umschreiben, d.h. die Regeln festzulegen, die den unüberschreitbaren Rahmen der Situation bilden. Es soll gelten:

a) An der Situation sind zwei Personen beteiligt. Sie werden von nun an als Lehrer und Lerner bezeichnet.

b) Zwischen diesen beiden Personen herrscht eine klare Rollenverteilung:

- Das Hauptziel des Gesprächs wird vom Lerner bestimmt. Dieser verfügt über ein zum Erreichen dieses Ziels in irgend einem Aspekt ungenügendes Wissen. Er führt das Gespräch mit dem Lehrer, um so zu dem fehlenden Wissen zu gelangen.

- Der Lehrer akzeptiert das vom Lerner gesetzte Ziel (so gut er es versteht) und stellt alle Information, die entweder vom Lerner erfragt wird oder die nach seinem eigenen Ermessen dessen Ziel dienlich sein kann, zur Verfügung.

c) Das Hauptziel des Lerners ist klar umrissen.

Auf Grund dieser Charakterisierung zeigt sich, dass die hier betrachtete Situation sich von der Lehrer/Schüler-Situation in der Schule unterscheidet. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass in der Schule der Lehrer und nicht der Lerner das Hauptziel setzt. In unserer Situation besteht das Problem, dass der Lerner dem Lehrer sein (klar umrissenes) Ziel mitteilen muss, damit der Lehrer die richtige Information liefert. In der Schulsituation muss der Lehrer dem Schüler das Ziel (das meist recht vage ist) übermitteln, damit der Schüler die nachgelieferte Information überhaupt im Sinne des Lehrers verarbeiten kann.

Des weiteren soll gelten ;

d) Das Wissen, von dem Lehrer und Lerner ausgehen, ist korrekt (wenn auch nicht vollständig).

e) Im Prinzip bestimmt der Lerner, wann das Ziel des Gesprächs erreicht ist, d.h. er ist in der Lage zu entscheiden, wann er über genügend Wissen verfügt, um sein Hauptziel zu erreichen (dabei kann er allerdings akzeptieren, dass der Lehrer durch Kontrollfragen überprüft, ob dieses Wissen korrekt ist).

f) Im gegenseitigen Einverständnis können die beiden Partner das Gespräch als erfolglos abbrechen.

Es sind vier verschiedene Ausgänge des Gesprächs möglich:

1. Der Lerner beendet das Gespräch, weil er nach seinem Kriterium über das notwendige Wissen verfügt, und kann nachher tatsächlich sein Ziel erreichen: gelungenes Gespräch.

2. Der Lerner beendet das Gespräch, weil er nach seinem Kriterium über das notwendige Wissen verfügt, kann aber anschliessend das Ziel nicht erreichen, da sein Wissen nicht korrekt ist: Missverständnis.

3. Das Gespräch wird als erfolglos abgebrochen, obwohl die beiden Teilnehmer zusammen über genügend Wissen verfügen würden, um das Ziel des Lerners zu erreichen: Nicht-Verstehen.

4. Das Gespräch wird als erfolglos abgebrochen und das Wissen der beiden Teilnehmer reicht wirklich nicht aus, um das Ziel des Lerners zu erreichen: Misserfolg.

4. Eine Lesehilfe

Bevor ich nun mit der Darstellung meiner Überlegungen und Untersuchungen beginne, möchte ich dem Leser einen kleinen Leitfaden geben, der ihm helfen sollte, sich zurechtzufinden.

Mehr als zwei Drittel der Arbeit werden immer wieder auf ein eigens dazu entwickeltes Kommunikationsspiel für zwei Personen Bezug nehmen. Ich würde deshalb dem Leser empfehlen, dass er sich gleich jetzt - noch bevor er weiter liest - einen Partner sucht und mit dem zusammen das Spiel I aus dem Anhang spielt. Die notwendigen Angaben dazu finden sich alle im Anhang H. Einerseits stelle ich mir vor, dass dadurch die folgenden Ausführungen für ihn um einiges konkreter werden. Und zum zweiten wirken gewisse Resultate, über die ich berichten werde, weit weniger trivial, wenn man selbst einmal die Schwierigkeiten erlebt hat, die diese Spiele bieten. Ich würde darum dem Leser auch empfehlen, dass er sich den Verlauf dieses Probespiels irgendwie notiert, so dass er später seine Erfahrungen mit dem vergleichen kann, was er im Text vorgelesen bekommt.

Die folgende Darstellung ist in drei Teile gegliedert. Diese Einteilung entspricht einmal den drei Möglichkeiten, wie sich Mensch und Computer als Kommunikationspartner gruppieren lassen, nämlich Computer-Computer, Mensch-Computer und Mensch-Mensch.

Die drei Teile erfüllen im Forschungsprozess aber auch drei ganz bestimmte Funktionen. Teil eins dient der Exploration des Themas. Hier herrscht der relativ unkontrollierte Wildwuchs verschiedenster Ideen vor, die am Ende versuchsweise in ein provisorisches Schema gebündelt werden. Teil zwei fällt dann v.a. die Aufgabe zu, diesen Wildwuchs gezielt zusammenzuschneiden und Lücken zu füllen, so dass eine einigermaßen logisch geschlossene und stimmige Theorie übrigbleibt. Und Teil drei dient abschliessend dazu, die Theorie anhand einiger Situationen zu verfeinern und zu testen.

Methodisch bestehen deshalb zwischen den einzelnen Teilen grosse Unterschiede. Treibende Kraft im ersten Teil ist im wesentlichen die Eigendynamik der Entwicklung, die fortschreitend neue Probleme schafft, indem sie alte löst - also ein Prozess so, wie Piaget die Entwicklung von Wissen beschreibt (z.B. Piaget, 1974). Im zweiten Teil kommt dann die Logik zu ihrem Recht und bestimmt, was überlebt und was neu geschaffen werden muss. Und im dritten Teil ist es die Konfrontation zwischen Theorie und Empirie v.a. in Form des Experiments, die die Entwicklung bestimmt.

Natürlich kommt keiner der drei Teile ohne empirische Quellen aus. Im ersten Teil bin diese Quelle v.a. ich selbst; d.h. es handelt sich um eine Art kontrollierte Introspektion, die sich daraus ergibt, dass ich in einem Computerprogramm darstelle, was sich nach meinen Beobachtungen bei mir abspielt, wenn ich vor einem derartigen Kommunikationsproblem stehe. Im zweiten Teil werden es dann mehr oder weniger strukturierte Beobachtungen sein, die ich an einzelnen Personen während ihrer Interaktion mit dem Computer mache, sowie deren eigene Introspektion und die Konfrontation dieser beiden Informationsquellen miteinander. Teil drei bringt dann das reichhaltigste empirische Material, bestehend aus strukturierten und unstrukturierten Beobachtungen von Gesprächspaaren, kontrollierten Experimenten mit solchen Paaren und natürlich auch hier wieder ihre Introspektion.

Sollte der Leser im Laufe dieser Darstellungen die Übersicht verlieren, dann möchte ich ihn - neben dieser Lesehilfe - v.a. auf das Inhaltsverzeichnis verweisen. Ich habe versucht, es so informativ wie möglich zu gestalten.

TEIL I

DER COMPUTER ÜNTERHAELT SICH MIT SICH SELBST

1. Aufbau eines Simulationsprogramms
2. Systematischer Überblick über Struktur und Funktionen des Programms
3. Ursachen von Kommunikationsschwierigkeiten und Regeln zu ihrer Behebung
4. Zusammenfassender Überblick über den ersten Teil

1. Aufbau eines Simulationsprogramms

1. Die Bausteine: Gegenstand, Wissen, Sprache und Denken
2. Der erste Zirkel: Frage und Antwort
- 3- Der zweite Zirkel: Frage und Verständnisgegenfrage
4. Der dritte Zirkel ; Frage und Wissensgegenfrage

Als erster Schritt soll nun also ein Programm entwickelt werden, das imstande ist, auf einem befriedigenden Niveau ein Gespräch der hier betrachteten Art zu simulieren (d.h. mit sich selbst zu führen). Prinzipiell wäre es denkbar, zu diesem Zweck einfach eines der bestehenden Programme aus

der künstlichen Intelligenz zu nehmen, das eine Mensch-Maschine Kommunikation ermöglicht (z.B. SHRDLU (Winograd, 1972)), dieses zu verdoppeln und ein Gespräch zwischen den beiden Kopien zu arrangieren. Das funktioniert aber nicht recht, da all diese Programme auf einen menschlichen Partner angewiesen sind, der irgendwelche Wünsche hat. Wir müssten also zumindest ein bestehendes Programm mit der zusätzlichen Fähigkeit ausstatten, selbst ein Problem haben zu können. Bei SHRDLU wäre das mit einigem Aufwand verbunden, da hier keine eigentliche Problemsituation vorliegt, sondern die Interaktion im wesentlichen von den Einfällen des Benutzers lebt. Einfacher wäre die Sache bei den sogenannten Expertensystemen (MYCIN, DENDRAL, PROSPECTOR etc. ..**), aber bei diesen stellt sich das Problem, dass das Wissen zwischen den beiden Partnern (Programm und Benutzer) sehr asymmetrisch verteilt ist und ein Partner (das Programm) den Dialog vollständig stört, so dass die Dialoge sehr einförmig verlaufen.

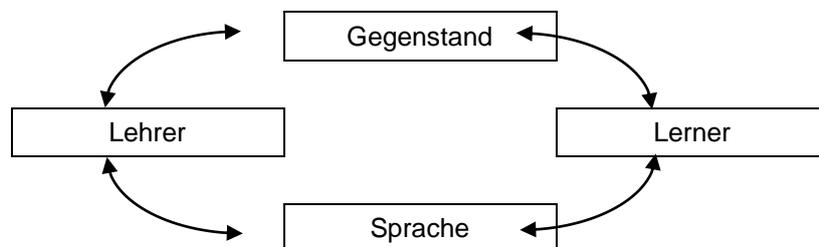
Angesichts dieser Sachlage scheint es das zweckmässigste zu sein, selbst von Grund auf ein Programm zu entwickeln, das genau auf unsere Zwecke passt. Das Vorgehen wird — wie schon angetönt - darin bestehen, dass wir mit einem relativ rudimentären Modell beginnen und dieses dann nach und nach kompetenter machen, d.h. um Teilleistungen bereichern. Ich werde versuchen, auf jeder erreichten Stufe zu zeigen, was das Modell nun kann und wo es versagt, um damit die nächste Stufe zu motivieren.

1.1 Die Bausteine: Gegenstand, Wissen, Sprache und Denken

1. Der Gesprächsgegenstand
2. Das Modell des Gegenstandes bei Lerner und Lehrer
3. Die Sprache
4. Der interne Modellbauer

Dieser erste Abschnitt bringt einige Grundlagen, d.h. er führt aus, wo meine Überlegungen an Bekanntem anknüpfen. Er ist relativ komprimiert geschrieben und von daher vielleicht nicht ganz einfach verständlich. Viele Details sind dabei für das Verständnis des Rests der Arbeit nicht entscheidend, so dass der Leser sie überspringen kann, wenn er wünscht.

In einer ersten Annäherung stellt sich die Kommunikationssituation etwa wie folgt dar (Fig. 1). Diese Figur entspricht im wesentlichen einer Verdoppelung des "basic AI model of language understanding", das Winograd (1981, S.233) als implizit in vielen Programmen der künstlichen Intelligenz bezeichnet.



Figur 1: Grundform des Kommunikationsmodells

Unsere erste Aufgabe besteht nun darin, den einzelnen Teilen dieses Schemas eine konkrete Gestalt zu geben, so dass wir wirklich Gespräche zwischen den beiden Kommunikationspartnern simulieren können. Es drängt sich auf, mit dem Gegenstand zu beginnen, da zum Beispiel die Wahl der Sprache ganz eindeutig von diesem abhängt.

1.1.1 Der Gesprächsgegenstand

Um die Simulation nicht unnötig komplex zu gestalten, ist es sinnvoll, einen Gegenstand zu benutzen, über den sich in einer relativ einfachen Sprache sprechen lässt. Eine einfache Sprache ist in diesem Zusammenhang eine Sprache mit kleinem Wortschatz, in der nur wenig verschiedene Relationen ausgedrückt werden können. Dadurch kann das Wissen, über das die simulierten Gesprächspartner verfügen müssen, relativ gering gehalten werden.

Zum zweiten wäre es allerdings praktisch, wenn die Sprache, in der menschliche Partner spontan über diesen Gegenstand sprechen, im gleichen Sinn einfach ist (d.h. effektiv die gleiche Sprache ist, wie wir sie in der Simulation verwenden). Denn dadurch wird es einfacher möglich sein, die Rolle des Lehrers oder des Lerners durch einen menschlichen Partner spielen zu lassen, ohne dass dieser die Interaktion mit dem Computer allzu stark als künstliche Situation erlebt.

Zum dritten muss, trotz aller Einfachheit, der Gegenstand komplex genug sein, dass er sich leicht auf verschiedene Arten repräsentieren lässt, da anzunehmen ist, dass gerade unterschiedliche Repräsentation des gleichen Gegenstandes bei den beiden Partnern zu Problemen im Gespräch führen wird.

Und schliesslich ist es praktisch wichtig, dass der Gegenstand sich in Aspekten, welche die Struktur des Dialogs zwischen Lehrer und Lerner nicht beeinflussen, leicht ändern lässt. So dass hier die Möglichkeit besteht, Abwechslung ins Gespräch zu bringen, was v.a. bei menschlichen Gesprächspartnern wichtig ist.

In der Hoffnung, diesen vier Anforderungen gerecht zu werden, will ich im folgenden als Gegenstände des Gesprächs Zahlenquadrate (4*4) verwenden. Also z.B. (Figur 2):

6	8	3	17
4	1	3	8
11	5	9	25
21	14	15	50

Figur 2: Beispiel eines Gesprächsgegenstandes

Oder abstrakter (Figur 3)

A11	A12	A13	B1.
A21	A22	A23	B2.
A31	A32	A33	B3.
C.1	C.2	C.3	T..

Figur 3: Abstrakte Form des Gegenstandes

Die Zahlen in den einzelnen Elementen des Zahlenfelds sollen immer natürliche Zahlen sein (<100), und zwischen ihnen gelten folgende Zusammenhänge:

$$\begin{aligned}
 B_i &= A_{i1} + A_{i2} + A_{i3} & (i = 1, 2, 3) \\
 C.k &= A_{1k} + A_{2k} + A_{3k} & (k = 1, 2, 3) \\
 T.. &= B_1. + B_2. + B_3. \\
 &= C.1 + C.2 + C.3
 \end{aligned}$$

Über solch ein Zahlenfeld lässt sich sicher in einer sehr einfachen Sprache sprechen. Auch ist diese Art von Gegenständen zwar jedermann bekannt, aber trotzdem relativ weit von der Alltagserfahrung entfernt, so dass bei den meisten Personen eine hochnormierte, einfache Sprache existiert, um darüber zu sprechen. Wohl die meisten werden es als ganz natürlich empfinden über "Kolonnen", "Zeilen" und "Summen" etc. zu sprechen.

Welche Zahlen genau in den einzelnen Elementen des Feldes stehen, durfte das Gespräch kaum beeinflussen, so dass eine grosse Zahl ähnlicher Gegenstände zur Verfügung steht. Und Unterschiede in der Repräsentation des Gegenstandes lassen sich leicht dadurch erreichen, dass man z.B. zwei Gesprächspartner sich miteinander unterhalten lässt, von denen der eine nur die "horizontalen" Zusammenhänge (also "Bi.=...") und der andere nur die 'vertikalen*' (also "C.k ...") kennt.

Die Probleme, mit denen wir im folgenden die beiden Partner konfrontieren werden, werden darin bestehen, dass der Lerner den Inhalt irgendeines Feldes des Zahlenquadrates nicht kennt und die Aufgabe erhält, die entsprechende Zahl zu ermitteln. Wie man vielleicht jetzt schon erkennt, lassen sich recht komplexe Situationen arrangieren, bei denen nur die intensive Zusammenarbeit der beiden Partner zum Ziel führen kann.

1.1.2 Das Modell des Gegenstandes bei Lerner und Lehrer

Damit sich die beiden über den Gegenstand unterhalten können, muss er in ihrem Wissen repräsentiert sein, d.h. sie müssen über ein Modell dieses Gegenstandes verfügen. Wie in den einleitenden Bemerkungen festgehalten, benötigen wir fünf Bestimmungsstücke, um ein Modell festzulegen:

I. Modellsubjekt

Subjekt sind der Lehrer bzw. der Lerner. Werden beide simuliert, dann handelt es sich dabei effektiv um gewisse Programmsequenzen, denen der Programmierer beim Herstellen der Modelle prächtig geholfen hat, da es nicht in seinem (d.h. in meinem) Interesse ist, so komplexe "Subjekte" zu programmieren, dass diese effektiv eine solche Modellbildung vornehmen können (ganz abgesehen von der Frage, ob ein Programm überhaupt ein Subjekt sein kann). Übernimmt ein menschlicher Partner eine der beiden Rolle, dann ist dieser natürlich eines der beteiligten Subjekte und bildet selbst ein Modell.

II. Prototyp

Der Prototyp des Modells ist der Gegenstand, über den gesprochen wird. III. Modellziel

Das Hauptziel ist die Möglichkeit, Fragen der Form "Welche Zahl steht im Feld soundso?" beantworten zu können. Bei den programmierten Modellen ist es natürlich im Interesse eines geringen Aufwands, die Modelle möglichst optimal auf dieses Ziel auszurichten. Bei allfälligen menschlichen Partnern, ist es notwendig, dass sie diese Zielsetzung übernehmen, wenn es dabei natürlich auch denkbar ist, dass sie gleichzeitig weitere Ziele verfolgen.

IV. Modellsystem

Das Modellsystem ist, wie jedes Modellsystem, aus Bausteinen und den Relationen zwischen ihnen gebildet.

- Bausteine:
 - 16 Speicherplätze (S1 bis S 16), die eine Zeichenkette beschränkter Länge aufnehmen können.
 - Zeichenketten, die sich in den Speicherplätzen befinden. Mögliche Zeichenketten sind die natürlichen Zahlen (<100) und "UNBEKANNT".

Natürlich entsprechen diese 16 Speicherplätze den 16 Feldern des Zahlenquadrates. Die unanschauliche Bezeichnung mit S1, S2, etc. soll dabei v.a. betonen, dass zwischen der internen Vorstellung vom Feld links oben im Zahlenquadrat (S 1) und der sprachlichen Bezeichnung "das Feld links oben" eine Übersetzung notwendig ist, die manchmal auch zu Problemen führen kann.

- "geometrische" Relationen:
 - Die Zeichenkette x ist auf Speicherplatz y
 - Folgende Quadrupel von Speicherplätzen "liegen je auf einer ' Linie"
(1, 2, 3, 4); (5, 6, 7, 8); (9, 10, 11, 12); (13, 14, 15, 16);
(1, 5, 9, 13); (2, 5, 10, 14); (3, 7, 11, 15); (4, 8, 12, 16) .

Dies stellt die Grundausstattung der Repräsentation des Gegenstandes dar, die wir jedem Gesprächsteilnehmer mitgeben wollen. Damit kennt er den Gegenstand als zweidimensionales Zahlenfeld. Darüber hinaus kann man ihm nun noch Relationen über die arithmetischen Zusammenhänge zwischen den Zahlen in den einzelnen Feldern

- "arithmetische" Relationen:
 - $x = u + v + w$
 - $u = x - v - w$

wobei u, v, w, x Speicherplatznummern sind, die so gewählt werden, dass die Relation mit einem arithmetischen Zusammenhang im Prototyp übereinstimmt.

Bei den arithmetischen Relationen wird es möglich sein. Wissensunterschiede zwischen den beiden Partnern zu simulieren. Wenn im folgenden von den "Relationen" die Rede ist, die ein Partner kennt, sind immer diese arithmetischen Relationen gemeint.

Ein interessanter Aspekt des Modells stellt die Zeichenkette UNBEKANNT dar. Steht auf einem Speicherplatz "UNBEKANNT", dann ist das Modell an dieser Stelle nicht so differenziert ausgebaut, wie das maximal

möglich wäre. "UNBEKANNT" modelliert also einerseits irgendeine natürliche Zahl, steht aber andererseits als Hinweis dafür, dass an dieser Stelle das Modell bei Bedarf noch präzisiert werden kann.

V. Die Modellrelation

Die Modellrelation darf keineswegs als statisch missverstanden werden, d.h. sie ist nicht einfach ein Katalog, der Teile des Prototypen und Teile des Modells einander zuordnet. Das ist erkenntnistheoretisch ziemlich einfach zu sehen, denn um solch einen Katalog aufzustellen, braucht man zuerst ein zweites Modell des Prototypen, und der Katalog beschreibt dann einfach die Beziehung zwischen den beiden Modellen (wie weiter unten die Relation "internes Modell/Sprache" beschrieben ist). Dem Gegenstand selbst kommt man so keinen Schritt näher. Das Modell wird vom Subjekt aktiv aufgebaut und entsprechend ist die Modellrelation ebenfalls etwas Aktives, eine Art Bauanleitung.

Die eigentliche Modellrelation Modell/Gegenstand ist in unserem Zusammenhang nicht von grosser Bedeutung und somit auch nicht weiter ausgebaut. Das Ausgangswissen der Gesprächspartner über den Gegenstand - Relationen und Belegung der Felder mit Zahlen oder UNBEKANNT - wird einfach vom Programmierer vorgenommen. Dabei besteht folgende Zuordnung zwischen dem Gegenstand und den Speicherplatznummern (Figur 4):

S1	S2	S3	S4
S5	S6	S7	S8
S9	S10	S11	S12
S13	S14	S15	S16

Figur 4: Zuordnung der Speicherplätze und Felder im Zahlenquadrat

Der Computer ist übrigens beim Aufbau dieses Modell keineswegs passiv, sondern allein seine Existenz stellt schon die Frage "Was soll ich als nächstes tun?", und jede Antwort versucht er ja sofort in Tat umzusetzen.

Während des Gesprächs bezieht nun das modellierende "Subjekt" weitere Informationen über den Gegenstand via zwei dazwischen geschaltete Modelle: Einmal das interne Modell des Partners und zum zweiten die sprachlichen Formulierungen des Partners, die ihrerseits wieder Modelle des internen Modells darstellen.

1.1.3 Die Sprache

Im Dialog zwischen den beiden Gesprächspartnern wird die verwendete Sprache verschiedene Funktionen erfüllen müssen. Sie wird dazu dienen, den Gegenstand zu beschreiben und Fragen zu stellen; sie wird aber auch metakommunikative Aufgaben übernehmen. Es sind verschiedene Ansätze gemacht worden, unterschiedliche Funktionen von Sprache zu klassifizieren. Die elaborierteste Klassifikation liefert wohl die Sprechakttheorie (vgl. etwa Bach u. Harnish, 1979), die allerdings nicht über eine Einweg-Kommunikation hinausgeht, so dass sie zum einen für unseren Bedarf hier zu komplex ist und zum anderen zu kurz greift. Es wird sich deshalb im Laufe dieser Arbeit eine eigene kleine Klassifikation finden, speziell auf die hier behandelten Situationen zugeschnitten. Einige interessante Überlegungen zu metakommunikativen Aspekten finden sich in einem Artikel von Levin u. Moore (1977), auf die wir noch zurückkommen werden.

Zu Beginn benötigen wir erst einmal nur die beschreibende Funktion der Sprache. In ihrem beschreibenden Aspekt bildet die Sprache die Beziehung des Sprechers zum Gegenstand ab, d.h. sie stellt ein verbales Modell des internen Modells des Sprechers dar.

I. Subjekt

Subjekt des Modells ist der Sprecher. Er benutzt das Modell, um seine Beziehung zum Gegenstand anderen Personen mitteilen zu können.

II. Prototyp

Prototyp des sprachlichen Modells ist nur indirekt der Gegenstand, über den gesprochen wird. Der eigentliche Prototyp ist die Repräsentation des Gegenstandes, die der Sprecher von diesem besitzt. Das erkennt man leicht an Sätzen wie "Die Summe der dritten Zeile ist (mir) unbekannt". Solche Sätze beschreiben den gleichen Prototypen, wie Sätze der Art "Die Summe der dritten Zeile beträgt 15", nämlich das Wissen des Sprechers; nur ist dies im ersten Fall offensichtlicher, da nichts an unserem Gegenstand mit dem Wort "unbekannt" beschrieben wird.

III. Ziele

Hauptziel des "Lerners ist es auch hier, die Frage zu beantworten, "Welche Zahl steht im Feld soundso?". Genau das gleiche Ziel hat auch der Lehrer, wenn er den Lerner unterstützen will. Entsprechend hat die Sprache das Ziel, solche Aussagen in der Form zu ermöglichen, dass sie einmal von den beiden Partnern, dann aber auch von Aussenstehenden verstanden werden.

IV. Modellsystem

Ein sprachliches Modellsystem besteht aus einem Vokabular und grammatikalischen Kategorien (den Bausteinen des Modells) sowie grammatikalischen Regeln (den Relationen des Modells). Es ist hier als eine sehr einfache kontextsensitive Konstituentenstrukturgrammatik beschrieben (vgl. etwa Lyons, 1971); diese Form stellt aber eine neutrale Analogie dar und ist für das Weitere nicht von Bedeutung.

- Lexikon: Die Sprache soll die folgenden Vokabeln umfassen:

ELEMENT
SUMME
ZEILEN SUMME
KOLONNEN SUMME
TOTAL

die natürlichen Zahlen <100

UNBEKANNT

- grammatikalische Klassen und Konstituenten; Es sollen fünf davon unterschieden werden:
 - I. "Namen" d.h. Vokabeln, die eine Teilmenge der Felder im Zahlenquadrat des Gegenstandes bezeichnen.
 - II. "Parameter" d.h. Zahlen, die festlegen, welches Feld der durch einen Namen bezeichneten Menge genau gemeint ist.
 - III. "Bezeichnungen" d.h. Kombinationen von "Namen" und "Parametern", die ein bestimmtes Feld festlegen.
 - IV. "Werte" d.h. Zahlen, die angeben, welche Zahlen in den Feldern stehen, die durch Namen und Parameter bezeichnet werden.
 - V. "Sätze" d.h. Aneinanderreihungen von Vokabeln, die vollständige sprachliche Modelle bilden.
- grammatikalische Regeln: Hier können wir unterscheiden zwischen
 - I. Regeln, die Relationen zwischen grammatischen Klassen und Vokabeln herstellen:
 - Als "Namen" gelten die ersten fünf Vokabeln der obigen Aufzählung.
 - Als "Parameter" gelten die Zahlen 1 bis 4
 - Als "Werte" gelten die Zahlen 1 bis 99 und UNBEKANNT
 - II. Regeln, die Relationen zwischen Konstituenten herstellen:
 - Satz = Bezeichnung + Wert
 - Bezeichnung = Name + (Parameter) + (Parameter), wobei die Anzahl Parameter vom Namen abhängt.
 - ELEMENT verlangt 2 Parameter

- TOTAL verlangt keine Parameter
- alle übrigen Namen verlangen einen Parameter

Nach diesen Regeln sind die folgenden Beispiele korrekte Sätze in unserer Sprache:

TOTAL 50
ELEMENT 3 2 UNBEKANNT

V. Modellrelation

Die Modellrelation regelt den Zusammenhang zwischen dem Wissen des Sprachbenutzers und der Sprache. Wir wollen für diese Beziehung eine eindeutige Relation wählen, d.h. jeder Baustein bzw. jede Relation im sprachlichen Modell entspricht höchstens einem Baustein bzw. einer Relation im internen Modell und umgekehrt (höchstens darum, weil es Sachverhalte im internen Modell geben kann, die sich sprachlich nicht ausdrücken lassen und umgekehrt). Dies ist für sprachliche Modelle keine sehr gebräuchliche Situation, da sie meist mehrdeutig sind. Und ein grosser Teil der Arbeiten, die sich mit der Erforschung des Sprachverstehens beschäftigen, widmen sich gerade dem Problem der Mehrdeutigkeit (für eine kurze Einführung aus KI Sicht z.B. Schank, 1981). Und selbstverständlich können gerade aus sprachlichen Mehrdeutigkeiten Probleme entstehen. Dieselben Probleme lassen sich aber in unserem Zusammenhang - zumindest in einer ersten Annäherung - auch dadurch provozieren, dass die beiden Partner die Sprache zwar eindeutig aber unterschiedlich verwenden. Da deshalb mit der Wahl eindeutiger Relationen zumindest vorläufig keine grosse Einschränkung der möglichen Kommunikationsprobleme verbunden ist, sich aber sehr viel Arbeit einsparen lässt, scheint mir diese Einschränkung sinnvoll. Der statische Teil der Relation internes Modell/sprachliches Modell, d.h. der Katalog von Entsprechungen (der sich zwischen Modellen angeben lässt), lässt sich deshalb einfach als eine Liste eineindeutiger Zuordnungen schreiben. (Auf die aktiven Komponenten der Relationen, d.h. das Parsen und Generieren von Sätzen, kommen wir später zu sprechen.)

Da anzunehmen ist, dass unterschiedliche Sprachverwendungen der beiden simulierten Partner ebenfalls interessante Probleme aufwerfen werden, werden wir uns nicht auf einen Satz von Zuordnungsregeln beschränken, sondern mehrere verschieden verwenden. Ein sehr einfacher solcher Satz ist z.B. der folgende:

INTERNES MODELL		SPRACHLICHES MODELL
1. Sy mit $y=(i - 1) * 4 + k$	=	Bezeichnung "ELEMENT i k"
2. Zeichenkette x	=	Wert x
3. Die Relation "Die Zeichenkette x ist auf Speicherplatz y"	=	Die Relation "Die Bezeichnung y und der Wert x stehen im selben Satz"

Mit diesen drei Regeln werden alle Felder des Zahlenquadrates unterschiedslos als "ELEMENT" bezeichnet. Es bedeutet also "ELEMENT 4 1 5", dass auf dem Speicherplatz 13, bzw. im Feld ganz unten links im Zahlenquadrat, die Zahl 5 steht; "ELEMENT 4 4 UNBEKANNT" heisst, dass der Sprechende nicht weiss, was für eine Zahl im Feld ganz unten rechts steht, d.h. dass er auf seinem Speicherplatz 16 keine Zahl hat, sein Modell dort also noch ausbaufähig wäre, etc. Eine etwas komplexere Sprachverwendung ergibt sich mit folgenden Regeln:

INTERNES MODELL		SPRACHLICHES MODELL
1. Sy mit $y=(i - 1) * 4 + k$ (für $i=1,2,3$; $k=1,2,3$)	=	Bezeichnung "ELEMENT i k" (für $i=1,2,3$; $k=1,2,3$)
2. Zeichenkette x	=	Wert x
3. "Die Zeichenkette x ist auf Speicherplatz y"	=	"Die Bezeichnung y und der Wert x stehen im selben Satz"
4. Sy mit $y=12+k$ (für $k=1,2,3$)	=	Bezeichnung "KOLONNEN SUMME k" (für $k=1,2,3$)
5. Sy mit $y=4*i$ (für $i=1,2,3$)	=	Bezeichnung "ZEILEN SUMME i" (für $i=1,2,3$)
6. S16	=	Bezeichnung "TOTAL"

Hier heisst als zum Beispiel das Feld ganz unten rechts nicht mehr "ELEMENT 4 4" sondern "TOTAL" etc.. Im Prinzip ist es willkürlich, welchen Satz von Regeln man einem bestimmten Gesprächspartner mitgibt. Im allgemeinen ist es natürlich sinnvoll, wenn die verwendete Sprache das zugrundeliegende Wissen über den Gegenstand widerspiegelt. Unterscheiden die Regeln z.B. zwischen "ELEMENT" und "SUMME", dann würde man erwarten, dass im internen Modell auch die zur "SUMME" passende arithmetische Relation vorhanden ist. Dies muss aber nicht notwendigerweise der Fall sein. Verwendet ein Sprechender die Bezeichnung "SUMME", ohne die passende Relation zu kennen, dann "spricht er über etwas, das er nicht versteht".

Soll im folgenden angegeben werden, welchen Satz von Regeln ein bestimmter Gesprächspartner verwendet, dann werden wir davon sprechen, dass er z.B. "die Bezeichnungen ELEMENT und KOLONNEN SUMME kennt", oder dass er "nur die Bezeichnung ELEMENT kennt" etc.

1.1.4 Der interne Modellbauer

Der Gegenstand ist gegeben. Die Gesprächspartner verfügen je über eine Repräsentation dieses Gegenstandes und über eine Sprache, um diesen zu beschreiben. Damit nun überhaupt etwas passiert, müssen wir den Lerner mit einem Ziel versehen, ihn motivieren dieses Ziel zu verfolgen und ihn dann noch mit einem Instrumentarium ausstatten, das ihm erlaubt, das Ziel effektiv zu erreichen.

Beim Computer haben wir mit der Motivation keine Probleme. Der Antrieb ist ganz einfach dadurch gegeben, dass der Computer so konstruiert ist, dass er, einmal in Gang gesetzt, nach immer neuen Programmbefehlen sucht und diese ausführt; und die Richtung der Motivation ergibt sich aus dem Programm, das, wenn Schritt um Schritt ausgeführt, zwangsläufig in die gewünschte Richtung führt. Bei einem menschlichen Lerner ist die Frage nach dem Antrieb nicht so einfach zu beantworten; die Richtung ergibt sich dagegen daraus, dass wenn eine Person einmal beschlossen hat mitzumachen, sie sich dann gewissen - durch Situation und Aufgabenstellung gegebenen - Normen unterwirft, die ebenfalls in die gewünschte Richtung führen.

Das Ziel soll, wie schon gesagt, darin bestehen, dass der Lerner die Frage nach der Zahl, die in einem bestimmten Feld des Zahlenquadrates steht, mit der richtigen Zahl beantworten kann.

Jeder Mechanismus, der zur Verfolgung dieses Ziels dient, muss mindestens folgende vier Aufgaben lösen können:

1. Testen, ob ein Ziel schon erreicht ist.
2. Anstoss zu einer Frage geben.
3. Mit Hilfe der arithmetischen Relationen das Ziel durch Berechnung zu erreichen versuchen.
4. Mit Hilfe der arithmetischen Relationen Subziele bilden.

Durch das Zusammenwirken dieser vier Funktionen lässt sich alle Information ausnutzen, die entweder im Modell selbst enthalten ist (Ausnutzen der arithmetischen Relationen) oder die direkt erfragt werden kann (Fragen an den Lehrer stellen).

In welcher Reihenfolge die Funktionen zum Erreichen eines Ziels eingesetzt werden - z.B. ob zuerst gefragt (2) oder zuerst "nachgedacht" (3) wird - ist im Prinzip willkürlich. Die Entscheidung darüber kann von den verschiedensten Parametern abhängen. Z.B. können "Persönlichkeitsmerkmale" entscheidend sein - z.B. ob der Lerner lieber selbst nachdenkt (3 vor 2) oder lieber jemanden fragt (2 vor 3). Aber auch "Umweltfaktoren" können hier ihren Einfluss haben - z.B. ob der Lehrer in der Regel brauchbare Antworten gibt (dann kann 2 vor 3 sehr sinnvoll sein) oder ob seine Antworten meistens wertlos sind (dann ist es besser 3 vor 2 zu bevorzugen; vgl. Flammer, 1981;

Kaiser, 1981). Solche Strategieviationen werden sich bei menschlichen Gesprächspartnern sicher finden - auch Änderungen der Strategie während des Gesprächs - und könnten in einer späteren Ausbaustufe auch simuliert werden. Für den Anfang legen wir uns aber einfach einmal auf eine Reihenfolge, nämlich die oben aufgeführte, fest. Dadurch wird das Fragen, also der Dialog, betont.

Das Vorgehen des "internen Modellbauers" entspricht einem Suchprozess (zum Thema "Problemlösen als Suchprozess" etwa Nilsson, 1971). Er beginnt mit einem Feld, für das der Lerner herausfinden sollte, welche Zahl sie enthält. Als erstes wird er kontrollieren, ob er sie nicht schon kennt (Funktion 1); ist dies nicht der Fall, dann wird er den Lehrer danach fragen (Funktion 2); erhält er keine brauchbare Antwort, dann wird er mit Hilfe der arithmetischen Relationen Subziele bilden (Funktion 4), d.h. zusammenstellen, die Zahlen welcher Felder er kennen muss, damit er sein

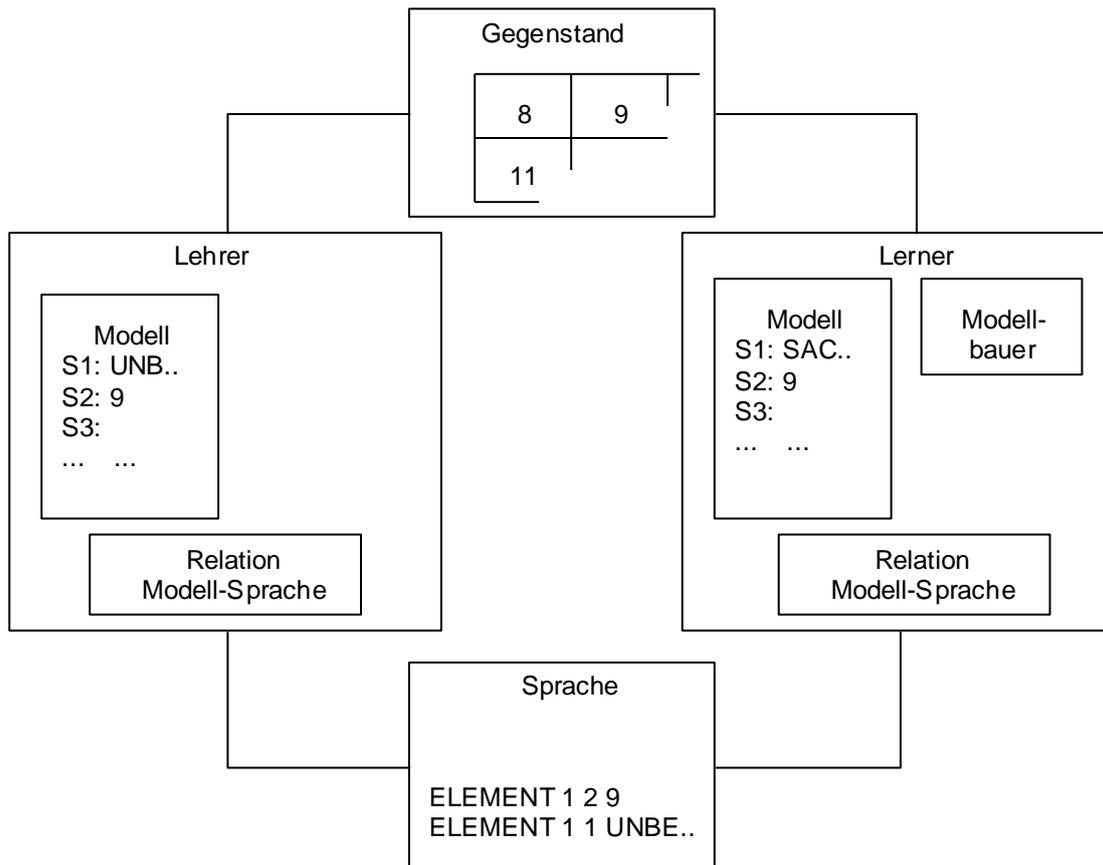
Hauptziel ausrechnen kann (Funktion 3). Dann beginnt der Prozess mit jedem dieser Subziele als Ziel wieder von vorne•

Auf diesem Weg kann es bei einem Feld geschehen, dass weder der Lehrer eine brauchbare Antwort weiss, noch der Lerner eine Relation findet, mit deren Hilfe Subziele ableitbar wären. Der Suchprozess ist dann in einer Sackgasse und der interne Modellbauer muss sich merken, dass es hier nicht weiter geht. Wir erweitern dazu das interne Modell um den Baustein "SACKGASSE", den der interne Modellbauer in alle Felder, d.h. auf die entsprechenden Speicherplätze, schreibt, die sich als Sackgassen erweisen. Ein Feld, zu dem der Lehrer keine Auskunft geben kann, wird in drei Fällen zur Sackgasse: a) Es findet sich keine Relation, mit deren Hilfe Subziele gebildet werden können; b) alle möglichen Subziele sind selbst Sackgassen; oder c) die Subziele, die keine Sackgassen sind, können nicht benutzt werden, da sie den Suchprozess in eine Schlaufe führen würden. Die Bedeutung der Markierung der Sackgassen liegt unter anderem darin, dass es v.a. im Fall b) möglich ist, dass immer höhere Ziele in der Zielhierarchie als Sackgassen markiert werden. Bei unlösbaren Problemen wird dann das Hauptziel selbst früher oder später zur Sackgasse, so dass sich auf diesem Weg unlösbare Probleme als solche erkennen lassen.

Durch die Einführung der "Sackgasse" ist das Modell des Gegenstandes erweitert worden. Oberflächlich gesehen, entspricht der Sackgasse nichts am Prototypen, denn dort sind keine "Sackgassen zu sehen". Führt man sich aber vor Augen, dass ein "Subjekt" beim Modellieren immer den Prototypen im Modellsystem so erfasst, wie das dem Modellziel dient, so ist die "Sackgasse" durchaus eine zielkonforme und damit "richtige" Modellierung des Gegenstandes. Für den internen Modellbauer gibt es tatsächlich Sackgassen.

Beim Lehrer sieht die ganze Sache mit den Zielen (zumindest vorläufig) viel einfacher aus. Sein Ziel ist es nur, jede Frage des Lerners direkt zu beantworten; d.h. er beschränkt sich darauf, den Inhalt von Speicherplätzen mitzuteilen, und bedarf deshalb keiner internen Verarbeitung.

Damit sind die vier Dinge, die es braucht, um einen Dialog starten zu können, gegeben. Figur 5 fasst den aktuellen Stand unseres Modells vom Dialogprozess zusammen. Wir haben einen Gegenstand, (= Zahlenquadrat) über den gesprochen werden soll. Der Gegenstand ist im Wissen der beiden Gesprächspartner repräsentiert, wobei diese Repräsentationen z.T. identisch, z.T. unterschiedlich sind. Der Lerner verfügt dazu noch über einen Inferenzmechanismus, der es ihm gestattet, aus seinem Wissen Schlüsse zu ziehen. Zur Verständigung der beiden besteht eine Sprache, in der der Gegenstand beschrieben werden kann, d.h. mit deren Hilfe Teile der Modelle des Gegenstandes in sprachlichen Modellen dargestellt werden können.



Figur 5: Grundform des Kommunikationsmodells mit ausformulierten Komponenten

1.2 Der erste Zirkel: Frage und Antwort

1. Der Lerner stellt eine Frage
2. Der Lehrer versteht die Frage
3. Der Lehrer antwortet
4. Der Lerner versteht die Antwort
5. Veränderungen des internen Modells aufgrund der Antwort

Zentrales Element der zu simulierenden Gespräche ist die Übertragung von Information von einem Partner auf den anderen durch Frage und Antwort. Als erstes wenden wir uns deshalb diesem Prozess zu, der von einem unerfüllten Subziel beim Lerner ausgeht, sprachlich vermittelt, das Wissen des Lehrers "durchquert" und wieder zum Lerner zurückgeht.

1.2.1 Der Lerner stellt eine Frage

Entschliesst sich der Lerner, eine Frage zu stellen, dann muss er imstande sein, diese sprachlich zu formulieren. Dazu müssen wir in erster Linie einmal die Sprache etwas erweitern, denn Fragen lassen sich natürlich in unserer rein deskriptiven Sprache nicht formulieren. Betrachtet man eine Frage als zusammengesetzt aus einer Aufforderung, einen Ausschnitt seines Wissens sprachlich darzustellen, und einer mehr oder weniger präzisen Umschreibung des gewünschten Abschnittes (Aquist, 1975), dann fehlt uns nur eine Möglichkeit, wie wir die Aufforderung ausdrücken können .

Um auch hier den Aufwand wieder möglichst gering halten zu können, lösen wir dieses Problem einfach durch die Einführung von Satzzeichen. Fragen sollen mit einem Fragezeichen enden. Aussagen mit einem Punkt. Das sprachliche Modell muss also erweitert werden um:

- "?" und "." (neue Vokabeln)
- "Satzzeichen" (neue grammatikalische Kategorie)
- Als "Satzzeichen" gelten "?" und "." (neue Regel)

- Satz = Bezeichnung + Wert + Satzzeichen (abgeänderte Regel)

Eine Aussage wäre nun also z.B. "SUMME 1 UNBEKANNT ." und eine Frage "SUMME 1 UNBEKANNT ?". Die Sprache ist nun nicht mehr nur Modell des Wissens des Sprechers, sondern modelliert gleichzeitig die Absicht des Sprechers. Wir haben also unbemerkt für unsere simulierten Gesprächspartner etwas Neues eingeführt, nämlich ihre "Absicht". Nennen wir das den "Zielzustand" und unterscheiden wir zwischen "Fragezustand" (d.h. der Zustand, in dem der Lerner ist) und "Antwortzustand" (d.h. der Zustand, in dem der Lehrer ist). Dann gelten die Modellrelationen:

	ZIELZUSTAND		SPRACHLICHES MODELL
1	Fragezustand	=	Satzzeichen y="?"
2	Antwortzustand	=	Satzzeichen y="."

Eine Frage modelliert aber nicht nur das Wissen des Sprechers (nämlich, dass er den Inhalt eines Feldes nicht kennt) und sein Ziel, sondern gleichzeitig auch noch das Wissen des Sprechers über seinen Partner. Sie ist nur sinnvoll, wenn der Sprecher annimmt, dass das entsprechende Feld im Wissen des Partners überhaupt vorkommt. Nur dank diesem Bezug auf das Wissen des Lehrers kann dieser überhaupt die Frage verstehen.

Damit ist es für den Lerner möglich, seine Frage sprachlich auszudrücken- Er muss dazu nur mit Hilfe der ihm bekannten Relationen seinen Zielzustand und die Beschreibung des Feldes, über das er Genaueres wissen möchte, gleichzeitig in einem Satz sprachlich darstellen. Wenn wir im folgenden einmal davon ausgehen, dass er jedes Feld, für das er sich interessiert, sprachlich beschreiben kann, dann ist dies dank der eindeutigen Relationen zwischen sprachlichem Modell und internen Grossen ein relativ einfacher Prozess. Die Frage nach dem Feld ganz rechts oben im Zahlenquadrat (d.h. der Zahl, die auf Speicherplatz Nummer 4 gehört) würde etwa lauten "ELEMENT 1 4 UNBEKANNT ?".

1.2.2 Der Lehrer versteht die Frage

Der Lehrer ist aufgrund seiner Zielsetzung immer im Antwortzustand und erwartet folglich eine Frage. Kommt diese dann in sprachlicher Form, muss er sie nur verstehen, d.h. mit seinem internen Modell in Verbindung bringen. Da Fragen in unserem eingeschränkten Kontext immer bedeuten, dass der Lerner als Antwort eine Aussage über den in der Frage bezeichneten Teil des internen Modells des Gegenstandes erwartet, und da immer nur eine solche Aussage überhaupt möglich ist, stellt das Antworten kein grosses Problem dar. (In umgangssprachlicher Kommunikation ist es ja meist so, dass nicht einmal ganz klar ist, was eine korrekte Antwort auf eine bestimmte Frage wäre;

geschweige denn, dass es nur eine solche Antwort geben würde.) Die einzige Schwierigkeit besteht darin, der Frage zu entnehmen, um welchen Teil des Gegenstandes es sich handelt. Und auch das ist wegen der eindeutigen Relation zwischen Sprache und Modell weiter kein Problem (zu den Problemen, die sich bei mehrdeutiger Sprachverwendung ergeben vgl. etwa Lehnert.1978)•

1.2.3 Der Lehrer antwortet

Auch dazu haben wir bereits alle notwendigen Bestandteile beisammen. Hat der Lehrer einmal aus der Frage erkannt, welchen Teil des internen Modells er sprachlich darstellen soll, bereitet diese Darstellung keine weiteren Probleme. Sie geht dann als Antwort zurück an den Lerner.

1.2.4 Der Lerner versteht die Antwort

Wieder kein Problem mit den bereitgestellten Mitteln. Dank der eindeutigen Relation muss die sprachliche Formulierung nur ins internen Modell übertragen werden.

Damit ist ein erstes, einfaches Frage- und Antwortspiel möglich geworden. Kennen z.B. beide Partner die Bezeichnung "ZEILEN SUMME" und interessiert sich der Lerner (in Zukunft soll er RUEDI heissen) für den Inhalt des letzten Feldes in der dritten Zeile des Zahlenquadrates, so entspannt sich der folgende kurze Dialog mit dem Lehrer (von nun an HANS):

RUEDI : ZEILEN SUMME 3 UNBEKANNT ?
HANS : ZEILEN SUMME 3 27 .

Er kommt dadurch zustande, dass der interne Modellbauer von RUEDI zuerst einmal als Ziel das Feld mit der Nummer 12 vorfindet. Er testet, ob auf dem Speicherplatz 12 (S12) eine Zahl steht, und stellt fest, dass dies nicht der Fall ist. Darauf kontrolliert er, ob es aus irgendwelchen Gründen nicht ratsam

ist, HANS danach zu fragen. Er findet nichts und gibt Anlass zur Frage, die mit Hilfe verschiedener Regeln generiert wird. HANS dekodiert die Frage mit Hilfe derselben Regeln und generiert eine Aussage über sein S12. RUEDI kann diese Aussage mit den entsprechenden Sprachregeln dekodieren und damit ist sein Problem gelöst.

1.2.5 Veränderungen des internen Modells aufgrund der Antwort

Hat der Lerner eine Antwort verstanden, so muss das natürlich, sofern das ganze Frage- und Antwortspiel einen Sinn haben soll, zu einer Veränderung seines internen Modells führen.

Prinzipiell lässt sich das ganz einfach dadurch bewerkstelligen, dass der Lerner den "Wert" der Antwort als Zeichenkette im entsprechenden Speicherplatz ablegt. Das ergibt aber nur einen Sinn, wenn dieser Wert eine Zahl ist. Dann ist das Problem gelöst, und der interne Modellbauer kann beim nächsten Durchgang das entsprechende Ziel von der Liste streichen. Ist der Wert jedoch gleich "UNBEKANNT", dann erfährt der Lerner zwar etwas über das interne Modell des Lehrers, aber er erhält keine (indirekte) Information über den Gegenstand selbst. Folglich kann der Lerner sein Modell nicht präzisieren und muss das Ziel als vorläufig unerreichbar stehen lassen.

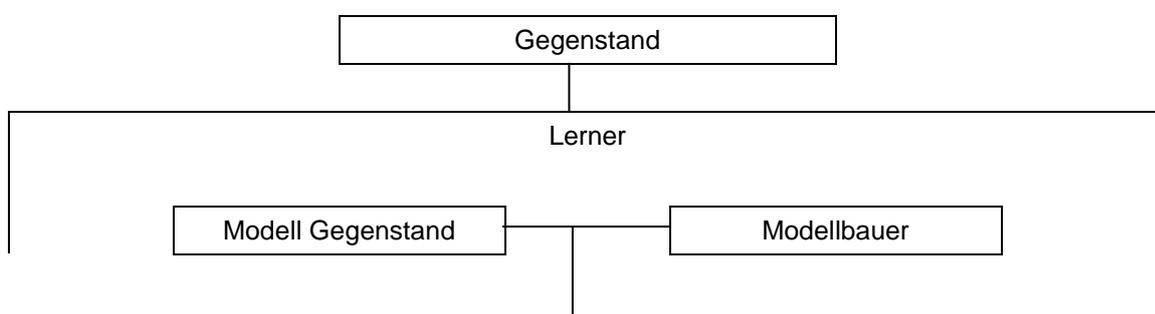
Lässt er es aber damit bewenden, dann wird der interne Modellbauer in eine Schleife geraten und die gleiche Frage immer und immer wieder stellen, da wir bisher nichts vorgesehen haben, das es ihm ermöglicht, solch ein unerfülltes Ziel von anderen unerfüllten Zielen zu unterscheiden. Damit dies nicht geschieht, muss sich der Lerner irgendwie merken, auf welche Fragen der Lehrer keine Antwort weiss. Der Lerner muss also dazu übergehen, sich ein weiteres Modell, nämlich ein Modell des internen Modells des Lehrers, aufzubauen. Nur so ist er imstande zu entscheiden, welche Fragen er besser nicht mehr stellt, da der Lehrer darauf keine brauchbare Antwort weiss, und nur so kann er überhaupt erkennen, wann sein Suchprozess in einer Sackgasse ist.

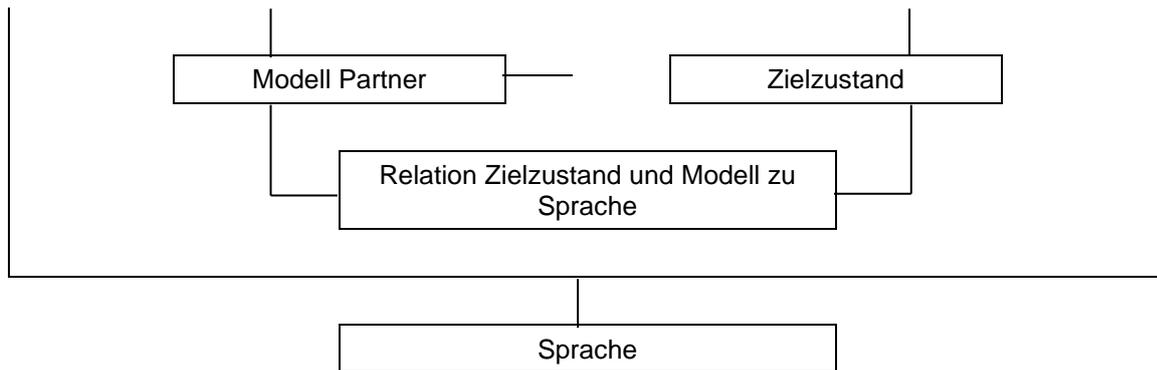
Das Modell über das Wissen des Lehrers entspricht im wesentlichen dem internen Modell über den Gegenstand. Abweichungen ergeben sich in den folgenden Punkten:

- Der Prototyp ist selbstverständlich nicht der Gegenstand, sondern das Modell, das der Partner vom Gegenstand hat.
- Modellziel ist es, unnötige Fragen zu verhindern.
- "UNBEKANNT" hat nicht die gleiche Funktion wie im Modell über den Gegenstand. Im Modell des Gegenstandes bedeutet "UNBEKANNT", dass das Modell hier noch spezifiziert werden kann, d.h. dass es prinzipiell möglich ist, hier eine Zahl einzusetzen. "UNBEKANNT" bedeutet im Modell über das Wissen des Lehrers dagegen, dass der Lerner bereits weiss, dass der Lehrer hier nichts weiss, das Modell ist also bereits präzisiert. Da der Lerner aber zu Beginn des Gesprächs noch gar nichts über das Wissen des Lehrers weiss, müssen wir ihm die Möglichkeit geben, dies irgendwie darzustellen. Wir führen deshalb eine zusätzliche Zeichenkette neu ein, nämlich "UNERFRAGT", die bedeutet, dass der Partner zu diesem Feld noch nie befragt wurde.
- Entsprechend dem Modellziel sind arithmetische Relationen nicht von Bedeutung und fallen weg (die Sprache würde es sowieso nicht erlauben, vom Partner je etwas darüber zu erfahren).

Diese Erweiterung können wir nun so nutzen, dass der "Wert" in jeder Antwort einmal vom Lerner in das Modell über das Wissen des Lehrers eingetragen wird. Dies ist auch konsequenter, denn schliesslich ist die Aussage des Lehrers erst einmal eine Aussage über sein Wissen und nur indirekt eine Aussage über den Gegenstand. Ist der "Wert" eine Zahl, dann wird er, im Vertrauen darauf, dass der Lehrer korrekte Antworten gibt, auch ins Modell des Gegenstandes übertragen. Aufgrund des Modells vom Wissen des Lehrers kann der interne Modellbauer nun bei jedem Ziel entscheiden, ob es sich noch lohnt, eine Frage zu stellen, oder ob schon bekannt ist, dass der Lehrer dazu nichts weiss.

Soweit ausgebaut nähert sich zumindest unser Lerner dem "extended AI model of language understanding" von Winograd (Winograd, 1981, S. 236).





Figur 6: Erste Ausbaustufe des Lerners

Wir sind nun soweit, dass wir einmal einen kleinen Dialog ablaufen lassen können. Im folgenden Beispiel kennen die Teilnehmer alle Relationen des Gegenstandes und sie verfügen über eine entsprechend differenzierte Sprache (mit "ZEILEN SUMME", "TOTAL" etc.). Ihr Ausgangswissen über die Zahlen in den einzelnen Feldern sieht wie folgt aus:

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

	3	4	
6	7		
	7		
17	17		

(Leere Felder bedeuten, dass auf den entsprechenden Speicherplätzen "UNBEKANNT" steht.) Setzen wir nun die Nummer 12 oben auf die Zielliste von RUEDI und starten wir das ganze. Da RUEDI den genauen Inhalt von F12 nicht kennt, fragt er folgerichtig zuerst einmal HANS danach.

RUEDI : ZEILEN SUMME 3 UNBEKANNT ?
HANS : ZEILEN SUMME 3 UNBEKANNT .

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

	3	4	
6	7		
	7		UNB
17	17		

HANS antwortet ihm, dass er die gewünschte Zahl auch nicht kennt, und RUEDI merkt sich diese Antwort in seinem Modell über das Wissen von HANS. (Die hier dargestellten Zahlenquadrate sind eine Überlagerung des internen Modells des Gegenstandes und des Modells über das Wissen des Partners. Zahlen gehören zum Modell des Gegenstandes, "UNB" gehört zum Modell über den Partner.) Der interne Modellbauer sucht nun nach Relationen, mit denen er die gesuchte Zahl berechnen kann. Er findet zwei (eine "horizontal" und eine "vertikal"); bei beiden kennt er aber mindestens eine Zahl nicht. "Horizontal" ist die erste Zahl, die ihm fehlt, die auf Speicherplatz S9 (3. Zeile, 1. Feld), "vertikal", die auf Platz S16 (rechts unten). Beide Nummern merkt er sich als Subziele und die zweite (16) wird zum neuen aktuellen Ziel.

RUEDI : TOTAL UNBEKANNT ?
HANS : TOTAL UNBEKANNT .

HANS

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI

	3	4	
6	7		
	7		UNB
17	17		UNB

Auch hier kann HANS nicht weiterhelfen. RUEDI generiert ausgehend vom Platz S16 zwei neue Subziele, S4 (1. Zeile, 4. Feld) und S15 (4. Zeile, 3. Feld). 15 wird zum neuen aktuellen Ziel.

RUEDI : KOLONNEN SUMME 3 UNBEKANNT ?
HANS : KOLONNEN SUMME 3 15 .

Diesmal hat die Frage etwas gebracht. REUDI trägt die Antwort in sein Modell vom Gegenstand ein und kann auch gleich noch sein Subziel S16 erreichen, d.h. die betreffende Zahl berechnen.

HANS

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI

	3	4	
6	7		
	7		UNB
17	17	15	49

Als nächstes wird S4 als Subziel aktiv.

RUEDI : ZEILEN SUMME 1 UNBEKANNT ?
HANS : ZEILEN SUMME 1 UNBEKANNT .
RUEDI : ELEMENT 1 1 UNBEKANNT ?
HANS : ELEMENT 1 1 UNBEKANNT .

S1 würde nun als Subziel S9 generieren; S9 steht aber schon auf der Liste der Subziele, d.h. S9 würde in eine Schleife führen. S9 ist also kein brauchbares Subziel und so bleibt S1 ohne Subziele und wird zur Sackgasse. Der interne Modellbauer nimmt sich wieder S4 vor und stellt fest, dass nun auch S4 eine Sackgasse ist.

HANS

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI

SAC	3	4	SAC
6	7		
	7		UNB
17	17	15	49

Damit sind alle Ziele, die von S16 ausgingen, wieder gestrichen, und es kommt nun S9 zum Zuge.

RUEDI : ELEMENT 3 1 UNBEKANNT ?
HANS : ELEMENT 3 1 5 .

RUEDI : ELEMENT 3 3 UNBEKANNT ?
 HANS : ELEMENT 3 3 UNBEKANNT .
 RUEDI : ELEMENT 2 3 UNBEKANNT ?
 HANS : ELEMENT 2 3 5.

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

SAC	3	4	SAC
6	7	5	
5	7	UNB	UNB
17	17	15	49

Und nun hat RUEDI alles beisammen, was er braucht, um sein Hauptziel zu erreichen.

Die Interaktion in diesem Dialog lässt sich 'grob etwa so zusammenfassen: Der Lerner folgt im wesentlichen seinem internen Problemlöseprozess, einem Suchprozess ausgehend vom Hauptziel. Bei jedem Subziel macht er zusätzlich einen Abstecher nach aussen, zum Wissen des Lehrers. Dieser Abstecher hat die Form eines Zirkels, der sich über Frage und Antwort schliesst und, wenn alles wie erwartet verläuft, damit endet, dass der Lehrer dem Lerner die gewünschte Information zur Erreichung des Subziels geben kann. Diese Erwartung wird aber nicht immer erfüllt. Daher muss sich der Lehrer speziell merken, bei welchen Subzielen, die noch offen sind, der Frage-Antwort-Zirkel gesperrt werden muss, da er nichts einbringt.

Diese einfache Form des Dialogs birgt bisher noch keine allzu grossen Schwierigkeiten. Als erste Quelle möglicher Probleme sollen nun Verständigungsprobleme sprachlicher Natur betrachtet werden.

1.3 Der zweite Zirkel: Frage und Verständnisgegenfrage

1. Dialogmodelle
2. Der Lehrer versteht den Lerner nicht
3. Der Lerner versteht, dass der Lehrer nicht versteht
4. Der Lerner hilft dem Lehrer beim Verstehen
5. Der Lehrer verarbeitet die Zusatzinformation
6. Lehrer und Lerner merken sich, wo sie mit der Verständigung nicht weiterkommen
7. Der interne Dialogmodellbauer und sein Modell

1.3.1 Dialogmodelle

So wie der Dialog jetzt abläuft, gehen die beiden Gesprächspartner von der impliziten Annahme aus, dass auf jede Frage direkt eine Antwort genau auf diese Frage folgt. D.h. sie verwenden ein implizites Modell davon, wie ein Dialog aussieht» Nun muss aber ein Dialog nicht immer so ablaufen, sondern es wäre z.B. denkbar, dass der Lehrer auf eine Frage anstelle einer Antwort eine Gegenfrage formuliert. Aus zumindest vier Gründen ist es deshalb ratsam, ein explizites Dialogmodell einzuführen.

1. Komplexe Dialogstrukturen: Dialogverläufe sind - wie schon angetönt - im allgemeinen nicht so simpel wie im bisherigen Beispiel. Oft stehen an einem bestimmten Punkt im Dialog mehrere Möglichkeiten offen, wie er weitergeführt werden kann. Die beiden Partner müssen deshalb über ein explizites Wissen über mögliche und wahrscheinliche Dialogverläufe verfügen, das ihnen gestattet, ihr sprachliches Handeln zu koordinieren (vgl. die "dialog games" von Levin & Moore, 1977). Die Wahl eines bestimmten Dialogverlaufs hängt von den Zielen der Partner ab (hier Wissensübertragung), der Rollen, die die beiden einnehmen (hier Lehrer und Lerner), und kann zudem noch durch metakommunikative Mittel gesteuert werden (Carbonell, 1982).

2. Vereinfachungen: Prinzipiell könnte man sehr viel Koordinationsarbeit, die im Dialog notwendig ist, sprachlich explizit machen. Z.B. ist es bei der von uns verwendeten Form von Sprache nicht notwendig, dass die "Antwort" des Lehrers eine Antwort auf die vorangegangene Frage ist, denn dadurch, dass der Lehrer in seiner "Antwort" explizit sagt, von welchem Feld er spricht, würde ihn der

Lerner auch verstehen, wenn er eine Aussage machen würde, die nichts direkt mit der Frage zu tun hätte. In umgangssprachlichen Dialogen sind diese Bezüge, die explizit zu machen sind, aber meist so komplex, dass dies nicht mehr sinnvoll möglich wäre. Dieses Problem wird gelöst, indem sich die Gesprächspartner an einen beiden bekannten Dialogablauf halten, der sich meist sowieso aus der Logik der Situation ergibt (z.B. ist es einfach sinnvoll, auf eine Frage zu antworten). Auf diesem Weg müssen viele Bezüge nicht explizit gemacht werden. (Natürlich gehört hierher auch der ganze Bereich der Mehrdeutigkeiten in den natürlichen Sprachen. Die natürlichen Sprachen können nur insoweit mehrdeutige Aussagen verwenden, als im Kontext des jeweiligen "dialog games" klar ist, welche der Bedeutungen die relevante ist.)

3. Verarbeitungsökonomie: Verfügen die beiden Gesprächspartner über ein Dialogmodell) so können sie mit dessen Hilfe Erwartungen für die nächste Äusserung des Gesprächspartners generieren. D.h. sie können zur Verarbeitung dieser Äusserung bereits das geeignetste Schema bereitstellen und müssen dieses nicht zuerst durch einen trial-and-error Prozess finden. (Z.B. nach einer Frage Bereitstellen der nötigen Relationen, um eine Aussage (d.h. die Antwort) zu verarbeiten.) Dies beschleunigt die Verarbeitung wesentlich. Im Prinzip machen alle Computerprogramme, die Daten in Form von Fragen an einen Benutzer einholen, von dieser Möglichkeit Gebrauch.

4. Fehlererkennung: Aufgrund der generierten Erwartungen ist es den Dialogpartnern in gewissen Grenzen möglich, zu kontrollieren, ob sie richtig verstanden wurden. Entspricht die Reaktion des Gegenübers den Erwartungen, so kann angenommen werden, dass die Kommunikation klappt. Werden die Erwartungen dagegen verletzt, liegt wahrscheinlich ein Verständigungsproblem vor (z.B. wenn auf eine Frage keine Aussage sondern wieder eine Frage folgt).

Wir rüsten deshalb Lehrer wie Lerner mit einem weiteren Modell, einem Modell des Dialogs, aus. Es soll einen Ausschnitt aus dem Dialog, bestehend aus drei aufeinanderfolgenden Äusserungen abbilden. Der Ausschnitt beginnt jeweils mit der letzten Äusserung des Subjekts.

I. Subjekt

Je Lehrer bzw. Lerner.

II. Prototyp

Die zeitliche Sequenz der sprachlichen Formulierungen.

III. Ziele

Die vier oben genannten Gründe, die ein explizites Dialogmodell wünschbar machen.

IV. System

- Bausteinen:
 - drei Speicherplätze A bis G.
 - sprachliche Formulierungen, wie sie das sprachliche Modell zulässt, die auf den Speicherplätzen gespeichert sein können.
- Relationen:
 - * die zeitliche Relation zwischen den Speicherplätzen: der Inhalt von A liegt zeitlich vor dem von B und dieser vor dem von C.
 - * Relationen zwischen Teilen der sprachlichen Äusserungen auf den drei Speicherplätzen. Diese Relationen stellen die Erwartungen des Subjekts an den Dialogverlauf dar, bzw. Verpflichtungen, die entsprechenden Erwartungen des Partners zu erfüllen.
 - Ia Auf meine Frage folgt eine Antwort (Erwartung des Lerners).
(Auf Satzzeichen auf A = ? folgt Satzzeichen auf B = .)
 - Ib Auf eine Frage muss ich eine Antwort geben (Verpflichtung des Lehrers).
(Auf Satzzeichen auf B = ? folgt Satzzeichen auf C = .)
 - II Jede Antwort ist eine Antwort auf die direkt vorangehende Frage.
(Aus Satzzeichen auf A (bzw. B) = ? folgt: die Bezeichnungen auf A und B (bzw. B und C) sind gleich)

Diese beiden Relationen legen fest, dass es sich um ein einfaches Frage-Antwort-Gespräch handelt, bei dem auf jede Frage direkt die entsprechende Antwort folgt. Diese Relationen sind, wie alle sprachlichen "Regeln", zugleich normativer und deskriptiver Natur. Das heisst, sie schreiben einerseits

vor, wie die beiden Gesprächspartner sich verhalten sollen, und erlauben es andererseits (wenn sich die Gesprächsteilnehmer daran halten), das Gespräch mit ihrer Hilfe zu beschreiben.

- III Fragt der Lerner nach einem Feld, so kennt er dessen Inhalt nicht.
(Aus Satzzeichen = ? folgt Wert = UNBEKANNT)

Diese Relation (Regel) legt fest, dass der Lerner nur echte Fragen stellt.

- IV Auf eine Antwort des Lehrers folgt eine neue Frage des Lerners.
(Auf Satzzeichen auf B (bzw. A) = . folgt Satzzeichen auf C (bzw. B) = ?)

Die letzte Relation hat zur Folge, dass die Initiative immer beim Lerner bleibt, d.h. dass er den Dialog durch eine Reihe von Fragen gestaltet.

V. Modellrelationen

Hier ist es nun notwendig, Wissen über zeitliche Relationen einzuführen. Das stellt beim Programm aber weiter kein Problem dar, da es sowieso in der Zeit sequentiell abläuft, so dass man nur die ausgeführten Operationen zu nummerieren braucht, und die zeitliche Relation in der ordinalen Relation dieser Nummern wiederfindet. Es gelten die folgenden Regeln:

DIALOGMODELL	=	DIALOG
1. sprachliche Formulierung auf A	=	zeitlich jüngste Formulierung des Subjekts
2. sprachliche Formulierung auf B	=	zeitlich auf die in A abgebildete Formulierung nächst folgende Formulierung des Partners
3. sprachliche Formulierung auf C	=	zeitlich nächste Formulierung des Subjekts (wird im nächsten Zyklus Inhalt von A)

Das Dialogmodell wird zwischen Gegenstands-Modell/Zielzustand und Sprache eingeschoben. D.h. sprachliche Formulierungen als Darstellung von internem Wissen und Absichten gelangen zuerst ins Dialogmodell und werden erst dann "geäußert". Ebenso machen von aussen kommende Formulierungen im Dialogmodell Zwischenstation, bevor sie verarbeitet werden.

Mit Hilfe dieses Modells ist es nun dem Lerner möglich, Antworten effizient zu verarbeiten. Aufgrund seiner Frage und den Modellrelationen kann er grosse Teile der Antwort selbst konstruieren und muss nicht die Äusserung des Lehrers analysieren, den aufgrund von Relation II ist klar, dass die ganze "Bezeichnung" der Antwort identisch ist mit der "Bezeichnung der Frage".

Zum zweiten kann er zwischen seiner Konstruktion und der Antwort des Lehrers einen Vergleich anstellen, um zu testen, ob die Antwort eine Antwort auf seine Frage ist (wird später noch ausgenützt).

Und zum dritten ist es nun möglich, Teile der Sätze im Gespräch wegzulassen, da sie sich von selbst verstehen, d.h. aus dem Dialogmodell ableitbar sind. Diese Möglichkeit wollen wir voll ausnutzen. Wir führen deshalb die Unterscheidung zwischen einer "öffentlichen Sprache" und einer "internen Sprache" ein. Die bisherige Sprache bleibt als "interne Sprache" bestehen; die neue "öffentliche Sprache" ist im Prinzip gleich aufgebaut, nur das in ihr unterschiedliche Arten von Sätze möglich sind:

Satz	entweder	Aussagesatz	=	Bezeichnung + Wert + Satzzeichen (= ".")
	oder	Fragesatz	=	Bezeichnung + Satzzeichen (= "?")
	oder	Antwortsatz	=	Wert + Satzzeichen (= ".")

Die entsprechenden Relationen zwischen "interner Sprache" (Repräsentation der Formulierungen im Dialogmodell) und "öffentlicher Sprache"

sind:

	INTERN	=	OEFFENTLICH
1.	Satzzeichen "?"	=	Fragesatz
2.	Satzzeichen "."	=	Antwortsatz

Das heisst konkret, dass bei einer Frage in der "öffentlichen" Sprache der "Wert" weggelassen wird, da dieser trivialerweise "UNBEKANNT" ist (Relation III), und dass bei einer Antwort die ganze "Bezeichnung" wegfällt, da sie identisch ist mit der Bezeichnung in der vorangehenden Frage (Relation II). Natürlich sind "öffentliche" und "interne" Sprache eng verwandt mit der Tiefen- und Oberflächenstruktur generativer Grammatiken (Chomsky, 1957). Da sie sich aber nicht ganz decken, wähle ich hier diese allgemeineren Bezeichnungen.

(Mit der Einführung dieser Abkürzungen geht die unter Punkt zwei erwähnte Möglichkeit zur Antwortkontrolle praktisch vollständig wieder verloren. Einen Teil davon werden wir später wieder retten. Die Möglichkeit, dass wir abgekürzte und vollständige Formen nebeneinander bestehen lassen, so dass unter "schwierigen" Bedingungen (z.B. akustischen Störungen) auf die vollständige Form zurückgegriffen werden kann, wollen wir hier nicht weiterverfolgen.)

Der gleiche Dialog wie oben liest sich nun wie folgt:

RUEDI : ZEILEN SUMME 3 ?
HANS : UNBEKANNT .
RUEDI : TOTAL ?
HANS : UNBEKANNT .
RUEDI : KOLONNEN SUMME 3 ?
HANS: 15 .
RUEDI : ZEILEN SUMME 1 ?
HANS : UNBEKANNT .

etc.

Bemerkenswert ist, dass wir ausgehend von einer eindeutigen Sprache nun über das Dialogmodell zu einer auf der Oberfläche mehrdeutigen Sprachverwendung gelangt sind. Betrachtet man aber das Dialogmodell als integrierten Bestandteil der Sprache, ist diese nach wie vor eindeutig.

1.3.2 Der Lehrer versteht den Lerner nicht

Bisher haben wir immer stillschweigend angenommen, dass bei der Übertragung Sprache-Gegenstandsmodell keine Probleme auftreten, d.h. dass sich die beiden Gesprächspartner gut verstehen. Aufgrund verschiedenster Vorkommnisse (akustische Probleme, unterschiedliche Sprachverwendung, etc.) kann es aber geschehen, dass der Lehrer eine Frage nicht interpretieren kann, d.h. dass es ihm nicht gelingt, das in der Frage Bezeichnete einem Teil seines Gegenstandsmodells zuzuordnen. Da hier aber gerade Verständigungsprobleme interessieren, d.h. z.B. solche Momente des Nicht-Verstehens, wollen wir den Lehrer nun mit einer Möglichkeit ausstatten, auf solche Probleme einzugehen. (Generellere Überlegungen zu Verständigungsgegenfragen finden sich in Kaiser, 1981; einen Klassifikationsversuch der Ursachen solcher Probleme (allerdings in einem etwas anderen Kontext) machen Ringle & Bruce, 1982.)

Prinzipiell hat er zwei Möglichkeiten, mit denen er auf Verständigungsprobleme reagieren kann:

1. Sprachliche Rückmeldung des Nicht-Verstehens, d.h. der Lehrer sagt dem Lerner einfach, dass er ihn nicht versteht und überlässt ihm das Weitere. Das ist die einfachste mögliche Reaktion unter denen, die die Kommunikation nicht gleich abbrechen, und kann im Notfall immer angewendet werden.
2. Generieren von Hypothesen, d.h. der Lehrer versucht einige oder alle möglichen Zuordnungen zwischen der Frage und seinem Modell zu machen und bewertet sie danach, wie wahrscheinlich es ist, dass sie zutreffen (vgl. dazu den "clarification dialog" bei Cohn, Perault & Allen, 1982). Dabei können diese Hypothesen wieder in zwei verschiedene Kategorien fallen:
 - 2.1 Die generierten Hypothesen enthalten alle Information, die notwendig ist, um den gesuchten Teil des Modells zu identifizieren. Der Lehrer braucht also bloss noch zu wissen, welche davon zutrifft. In diesem Fall kann er
 - 2.1.1 sich stillschweigend für die wahrscheinlichste Hypothese entscheiden
 - 2.1.2 den Lerner mit seinen Hypothesen konfrontieren, also ihn etwa fragen, ob er das sagen wollte, was dem Lehrer als Wahrscheinlichstes erscheint.

- 2.2 Die generierten Hypothesen beziehen sich auf eine ganze Menge von Teilen des Modells, von denen nur einer gemeint sein kann. Der Lehrer braucht also neben der Information, ob seine Hypothese zutrifft, auch noch Zusatzinformationen, um sie zu präzisieren. Hier muss er
- 2.2.1 den Lerner auf jeden Fall um Zusatzinformationen bitten, wobei er das in Form einer gezielten Frage tun kann. Eine solche Frage enthält dabei immer implizit auch die Frage, ob die Vermutung des Lehrers zutrifft.

Damit der Lehrer so differenziert mit diesen Problemen umgehen kann, muss das bestehende System um einiges erweitert werden. Einerseits benötigen wir einen komplexeren Sprachverarbeitungsmechanismus beim Lehrer, und andererseits muss die Sprache selbst angereichert werden.

Bisher haben wir immer gesagt, dass die Übertragung Sprache-Gegenstandsmodell mit Hilfe der Modellrelationen geschieht, ohne dass wir den dabei beteiligten Prozess genauer beschrieben haben. Wir müssen nun nur diesen Prozess geeignet ausformulieren, damit er das Gewünschte leistet. Da die Anzahl der möglichen Äußerungen in unserer Sprache sehr begrenzt ist, lässt sich dieser Ausbau des Lehrers, so dass er fähig ist, Hypothesen zu generieren, relativ einfach bewerkstelligen. Wir organisieren zu diesem Zweck die Relation zwischen Sprache und Gegenstandsmodell als "frames" (diese Organisation ist als neutrale Analogie zu verstehen; hingegen stellt die Fähigkeit, Verständnisgegenfragen überhaupt stellen zu können, eine positive Analogie dar). Ein frame ist eine Art Organisations-Rahmen mit Löchern drin (slots), in die Informationen eingefüllt werden können, wobei in jeden slot nur eine ganz bestimmte Art von Information hineinpasst (zur frame-Konzeption vgl. Minsky, 1975; eine Anwendung des frame-Konzepts stellt z.B. das "script" dar (Schank & Abelson, 1977)). Verfügt der Lehrer für jede Frage/Fragenklasse über genau einen frame, dann besteht das Problem des "Verstehens" einer Frage darin, dass er versucht, mit den in der Frage enthaltenen Informationen frame um frame zu füllen. Findet er einen, in dessen slots sich die ganze Information nahtlos, und ohne dass leere slots übrig bleiben, verstauen lässt, dann hat er die Frage "verstanden". Eine mit dem frame verbundene Gebrauchsanweisung hilft ihm dann weiter.

Am sinnvollsten ist es hier, alle Fragen so in Klassen zu ordnen, dass in einer Klasse immer all die Fragen sind, die denselben "Namen" haben. Jeder dieser Klassen lässt sich dann ein frame zuordnen. Der frame für die Klasse "ELEMENT" hat dann z.B. folgende Form:

1. slot	2. slot	3. slot	4. slot
ELEMENT	X	X	N

dabei bedeuten:

ELEMENT	Dieser slot kann nur mit dem Wort "ELEMENT" belegt werden
X	Dieser slot kann nur mit den Zahlen 1 bis 3 belegt werden
N	Dieser slot kann nur mit den Zahlen 1-99 und dem Wort "UNBEKANNT" belegt werden.
die Reihenfolge	Die in die slots einfüllbaren Informationen müssen in der Reihenfolge zusammen in einem Satz auftreten.

Wie man sieht, sind hier alle einschlägigen Regeln, die es braucht um einen Satz der Form "ELEMENT 1 2 UNBEKANNT" zu bilden, beieinander. Entsprechende frames lassen sich für die paar wenigen anderen Klassen von Sätzen (d.h. nicht nur Fragen, sondern auch Aussagen können so verarbeitet werden) bilden. Jeder dieser frames muss dann mit ein paar Operationen gekoppelt werden, die, wenn er gefüllt wurde, mit Hilfe der genauen Inhalte der slots auf den entsprechenden Teil des Modells weisen (z.B. erhält man beim frame "ELEMENT" mit der Formel $((\text{slot } 2) - 1) * 4 + (\text{slot } 3)$ die Speicherplatznummer).

Versucht der Lehrer nun eine Frage zu verstehen, dann nimmt er sich, wie schon gesagt, frame um frame vor und versucht ihn mit den Teilen der sprachlich formulierten Frage zu füllen. Dabei lassen wir ihn zweistufig vorgehen: In einem ersten Durchgang betrachtet er nur die "konstanten" slots, d.h. die slots, die genau eine Füllung zulassen (im Beispiel der erste slot mit der Füllung "ELEMENT"), So wie die Menge der frames gebildet ist (nämlich jeder frame hat genau einen solchen slot, der einem "Namen" entspricht), ist im Normalfall am Schluss des ersten Durchgangs genau bei einem frame der konstante slot gefüllt. In einem zweiten Durchgang werden anschliessend die restlichen slots dieses frames gefüllt, und die mit dem frame verbundenen Prozeduren führen zum gesuchten Aspekt des Gegenstandes.

Diese frames fügen sich so in das bereits Bestehende ein, dass im Dialogmodell die sprachlichen Formulierungen nicht mehr als "interne Sprache", sondern als gefüllte frames gespeichert werden. Die Relationen zwischen "interner Sprache" (jetzt frames) und "öffentlicher Sprache", bzw. Gegenstandsmodell, bleiben sich dabei im wesentlichen gleich. Soweit bringen die "frames" nichts Neues, sondern stellen nur eine mögliche explizite Formulierung des Prozesses dar, der vom Dialog-Modell zum internen Modell führt.

Es kann nun aber geschehen, dass es dem Lehrer nicht gelingt, einen frame vollständig zu füllen, d.h. das Dialogmodell von der Frage des Lernalers konsistent aufzubauen (dass es mehrere frames vollständig füllt, ist ausgeschlossen, da jeder ja mit einem "konstanten" slot versehen ist, der nach einem Inhalt verlangt, der ihn von allen anderen frames unterscheidet). Dann hat der Lehrer die Frage nicht verstanden, besitzt aber in Form der mehr oder weniger gefüllten frames Hypothesen darüber, was gemeint sein konnte. Als Wahrscheinlichkeitsmass für diese Hypothesen nehmen wir einfach einmal den Prozentsatz gefüllte slots für jeden frame.

Dank dem zweistufigen Prozess sind nun relativ differenzierte Reaktionen des Lehrers möglich:

1. Einer der frames (mehrere ist nicht möglich) wird im ersten Durchgang in allen konstanten slots vollständig gefüllt. Im zweiten Durchgang können aber nicht alle weiteren slots gefüllt werden. Der Lehrer ist somit sicher, dass er weiss, um welche Klasse von Teilen des Modells es geht, und er kann gezielt nach den Parametern fragen, die ihm noch fehlen. (Z.B. der Satz "ELEMENT 18?" passt im ersten Durchgang eindeutig auf das oben angegebene Beispiel eines frames. Hingegen liegt der zweite Parameter ausserhalb der Grenzen, so dass hier etwas nicht stimmen kann, und der Lehrer kann gezielt nach diesem Parameter fragen.)
2. Keiner der frames wird im ersten Durchgang vollständig gefüllt; im zweiten Durchgang lassen sich aber bei einem frame alle "variablen" slots füllen, so dass diese Hypothese eine minimale Wahrscheinlichkeit übersteigt. Ist für keine andere Hypothese die Wahrscheinlichkeit annähernd gleich gross, kann sich der Lehrer ohne Gegenfrage für diese Hypothese entscheiden. (Z.B. füllt der Satz "ZEILEN xxx 3 ?" nur im frame für "Zeilen Summe" mehrere slots und wird darum als "ZEILEN SUMME 3 ?" identifiziert.)
3. Keiner der frames erreicht diesen ausgezeichneten Status, aber bei mindestens einem wird die minimale Wahrscheinlichkeitsschwelle überschritten. Dann kann der Lehrer den Lerner für all diese Hypothesen danach fragen welche zutrifft. (Z.B. füllt der Satz "xxxx SUMME 3 ?" sowohl im frame für "Zeilen Summe" wie für "Kolonnen Summe" mehrere und gleichviel slots, so dass es notwendig ist, sich zu vergewissern, ob "ZEILEN SUMME 3 ?" oder "KOLONNEN SUMME 3 ?" gemeint ist.)
4. Keine Hypothese überschreitet die minimale Wahrscheinlichkeitsschwelle, und so bleibt dem Lehrer nichts anderes übrig, als dem Lerner zu sagen, dass er ihn nicht versteht. (Z.B. beim Satz "xxxx xxx 1 ?".)

Zur Realisierung dieser Möglichkeiten, müssen wir sowohl Lehrer wie Lerner mit einem relativ komplexen internen Dialogmodellbauer ausstatten. Ich werde auf die Details dieses Mechanismus im Anschluss an die Darstellung der Lernerseite zurückkommen.

Die Sprache muss um die Möglichkeit der Rückfrage erweitert werden, d.h. es muss in ihr nun nicht nur möglich sein, Fragen und Aussagen über die internen Gegenstandsmodelle zu machen, sondern auch über den Dialog, d.h. über die zurückliegenden sprachlichen Formulierungen (zur "Metakommunikation" in diesem Sinn vgl. Carboneil,1982). Dabei muss es dem Rückfragenden möglich sein mitzuteilen, welche der vier oben angeführten "Verständnisstufen" vorliegt (1, 3 oder 4).

Rückfragen lassen sich am einfachsten einführen, indem der Rückfragende das, was er von der Frage verstanden hat, wiederholt und dabei signalisiert, dass es sich um eine Rückfrage handelt. Wir wollen Gegenfragen auch durch ein Fragezeichen kennzeichnen, da in unsern einfachen Dialogen immer klar ist, wann es sich um eine Frage und wann um eine Gegenfrage handelt.

Auf Verständnisstufe 1 besteht die Rückfrage einfach in der Wiederholung der Frage, wobei die unverstandenen "Parameter" durch "WIEVIEL" ersetzt werden: W-Gegenfrage.

"ELEMENT WIEVIEL 2 ?"

bedeutet also als Gegenfrage, dass der Lehrer glaubt, verstanden zu haben, dass es um ein Element aus der zweiten Kolonne geht. In welcher Zeile dagegen das Element liegt, weiss er nicht und möchte darum Zusatzinformationen.

Auf Verständnisstufe 3 besteht die Rückfrage einfach in der Wiederholung des vermuteten "Namens": H-Gegenfrage.

"TOTAL ?"

bedeutet also als Gegenfrage, dass der Lehrer vermutet, dass es ums Total geht, dass er sich da aber nicht sicher ist.

Auf der Verständnisstufe 4 ist keine Rückfrage mehr möglich, sondern nur noch eine Aussage zum Dialog (= Metaaussage), nämlich:

"UNVERSTAENDLICH !"

Damit dies möglich ist, sind einige Erweiterungen der Sprache notwendig, die sich ohne weiteres ergeben. Z.B. müssen wir für die öffentliche Sprache einige neue Satztypen einführen, nämlich W-Gegenfragen, H-Gegenfragen und Metaaussagen. Ich verzichte hier auf eine erschöpfende Darstellung der notwendigen Änderungen (vgl. Anhang A).

1.3.3 Der Lerner versteht, dass der Lehrer nicht versteht

Erhält der Lerner vom Lehrer anstelle einer Antwort eine Gegenfrage, so ist er - soweit das System bis jetzt ausgebaut ist - nicht darauf vorbereitet. Aufgrund seines Dialogmodells erwartet er eine Antwort;

was er erhält ist eine Frage. Folglich müssen wir, damit er mit dieser Situation umgehen kann, sein Dialogmodell erweitern, d.h. es auf den Stand dessen des Lehrers bringen. Im wesentlichen bedeutet das, dass wir seine Erwartungen wie folgt ausbauen müssen:

- la Auf meine Frage erfolgt normalerweise eine Antwort; handelt es sich offensichtlich nicht um eine Antwort, dann ist es wahrscheinlich eine Gegenfrage; und ist es auch das nicht, dann muss es eine Metaaussage sein.
(Auf Satzzeichen bei A = ? folgt für B
 - entweder Satzzeichen = . (Antwort wie bisher)
 - oder Satzzeichen = ? (Gegenfrage)
 - oder Satzzeichen = ! (Meta-Aussage)wobei diese Möglichkeiten mit abnehmender Wahrscheinlichkeit auftreten.)

Natürlich sind das noch nicht alle notwendigen Erweiterungen. Auf weitere werde ich nach Abschluss des ganzen Frage-Gegenfrage-Zyklus eingehen.

Somit ist die Erwartung des Lerners, welche Reaktion der Lehrer zeigen wird, nicht mehr eindeutig, sondern enthält mehrere unterschiedlich wahrscheinliche Möglichkeiten. (Interessanterweise wird die Möglichkeit, explizit Wahrscheinlichkeiten anzugeben, bisher in keinem mir bekannten Ansatz, der sich mit satzübergreifenden Sprachstrukturen beschäftigt, systematisch genutzt (d.h. weder von den Geschichtengrammatiken (z.B. Thorndyke, 1977), noch von den scripts (Schank & Abelson, 1977), noch von den dialog-games (Levin & Moore, 1977)). Mir scheint aber zumindest die wahrscheinlichkeitsgestützte Rangierung der Erwartungen hier sinnvoll.) Der Verarbeitungsprozess verläuft nun so, dass der Lerner zuerst einmal versucht, das "Satzzeichen" zu erkennen, wobei er erwartungsgeleitet zuerst auf ".", dann auf "?" und dann auf "!" testet. Gelingt es ihm, das Satzzeichen eindeutig zu erkennen, dann kann der Lerner das entsprechende Verarbeitungsschema abrufen. Ist das Satzzeichen nicht eindeutig erkennbar, dann wollen wir die Erwartung des Lerners, dass es sich um "." handeln müsste, so gross machen, dass er es einmal mit der Hypothese versucht, es müsse sich um eine Antwort handeln.

1.3.4 Der Lerner hilft dem Lehrer beim Verstehen

Als Reaktion des Lerners auf die Gegenfragen des Lehrers müssen dem Lerner nun natürlich je nach Gegenfrage verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung stehen.

Im Falle einer "Meta-Aussage" ist die Sache recht einfach. Die einzig mögliche "Meta-Aussage" ist "UNVERSTAENDLICH". Und da die verwendete Sprache so einfach ist, dass sie keine Paraphrasierungen zulässt, kann der Lerner, wenn er das Verständigungsproblem lösen möchte, nichts anderes tun, als seine Frage nochmals zu wiederholen. Vielleicht versteht sie der Lehrer diesmal besser.

Bei eigentlichen "Gegenfragen" dagegen müssen drei Fälle unterschieden werden:

- a) Die Gegenfrage enthält eine falsche Hypothese (auch "W-Gegenfrage" enthalten eine Hypothese, nämlich die, dass der "Name" richtig verstanden wurde).

In diesem Fall lassen wir den Lerner mit "NEIN !" antworten.

- b) Die Gegenfrage ist eine "Hypothesen-Gegenfrage" und die Hypothese stimmt.

Antwort des Lerners "JA !"

- c) Die Gegenfrage ist eine "W-Gegenfrage" und die darin implizit enthaltene Hypothese stimmt.

In diesem Fall lassen wir den Lerner jene Teile seiner Frage wiederholen, die der Lehrer in seiner Gegenfrage mit "WIEVIEL" belegt hat, also z.B. "3 ." als Antwort auf "SUMME WIEVIEL ?".

Die dazu notwendigen Erweiterungen der Sprache ergeben sich auch hier problemlos. Ihre ausführliche Darstellung lässt sich aus Anhang A entnehmen.

Im Fall a) können wir noch eine interessante Neuerung einführen. Antwortet der Lerner auf eine Gegenfrage des Lehrers mit "NEIN !", so ist die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass der Lehrer darauf gleich noch einmal eine Gegenfrage stellt (mit einer anderen Hypothese oder "UNVERSTAENDLICH !"). Das kann der Lerner antizipieren und, ohne diese Gegenfrage abzuwarten, gleich nach dem "NEIN !" seine eigene Frage nochmals wiederholen (Cohen, Perrault & Allen, 1982, nennen das "being helpful"). Verankern wir dies im Dialogmodell, dann erlaubt dieses nun den beiden Gesprächspartnern nicht nur Teile von Sätzen wegzulassen, sondern gleich ganze Teile des Dialogs.

Der Lerner verfügt damit über die nötigen Möglichkeiten, um dem Lehrer beim Verstehen der Fragen etwas nachzuhelfen.

1.3.5 Der Lehrer verarbeitet die Zusatzinformation

Dieser weitere Schritt lässt sich nun mit den vorhandenen Mitteln leicht durchführen, wenn auch nochmals einige Erweiterungen im Dialogmodellbau dazukommen. V.a. muss der Lehrer noch mit Erwartungen über die Fortsetzung des Dialogs nach seiner Gegenfrage ausgestattet werden.

War die "Gegenfrage" des Lehrers einfach "UNVERSTAENDLICH", dann ergeben sich keine grossen Probleme. Der Lehrer erwartet eine Wiederholung der Frage und versucht damit einige slots mehr zu füllen.

Hat er eine Hypothesen-Gegenfrage gestellt, dann erwartet er eine Metaaussage, d.h. entweder "JA !" oder "NEIN !". Entsprechend kann er die Wahrscheinlichkeit für seine Hypothese, d.h. den entsprechenden frame, auf 1 oder 0 setzen. Nach einem "JA !" ist er in der gleichen Situation, wie wenn er direkt aus der Frage im ersten Durchgang den passenden frame hätte ermitteln können. Und er kann sich nun mit den nicht konstanten slots beschäftigen, was allenfalls weitere Gegenfragen notwendig macht. Nach einem "NEIN !", ist er in der gleichen Situation wie bevor er die Gegenfrage stellte, nur um eine Hypothese ärmer. Wird nach dem "NEIN !" vom Lerner die Frage gleich nochmals gestellt, dann kann er eventuell damit weitere slots füllen. Je nachdem ergeben sich dann weitere Gegenfragen.

Und war die Gegenfrage eine W-Gegenfrage, dann erwartet er in erster Linie eine Fragepräzisierung mit den gewünschten Angaben; in zweiter Linie ein "NEIN !". Da beide dieser Antworten zumindest implizit eine Antwort auf eine Hypothese enthalten, kann er auch hier zuerst die Wahrscheinlichkeit für den frame, der die Gegenfrage bewirkte, auf 1 bzw. 0 setzen. Ist die Antwort "NEIN !", dann ist er in der gleichen Lage, wie wenn eine Hypothesen-Frage abgelehnt worden wäre und er muss nach anderen Interpretationen suchen. Sonst kann er die erhaltene Antwort in die noch leeren slots füllen und muss, wenn das nicht genügt, vielleicht noch mehr W-Gegenfragen stellen.

Ein Beispiel soll illustrieren, wie nun mehr oder weniger lange Sequenzen von Fragen und Gegenfragen möglich geworden sind« HANS verwendet in diesem Beispiel die Sprache so, dass er zwischen ZEILENSUMME und KOLONNEN SUMME unterscheidet. Zudem nennt er das Feld ganz unten rechts TOTAL. Er verfügt also über folgende frames:

	1. slot	2. slot	3. slot	4. slot	5. slot
1.	ELEMENT	X (1,2 oder 3)	X	N	
2.	ZEILEN	SUMMME	X	N	
3.	KOLONNEN	SUMMME	X	N	
4.	TOTAL	N			

RUEDI dagegen bezeichnet das, was HANS ZEILEN SUMME nennt, einfach als SUMME und nennt die KOLONNEN SUMMEN von HANS nur ELEMENT 4 X. Erkundigt sich nun RUEDI nach S16 (dem "TOTAL"), so geschieht folgendes:

```
RUEDI : SUMME 4 ?
HANS   : ZEILEN SUMME ?
RUEDI  : NEIN !
        : SUMME 4 ?
HANS   : KOLONNEN SUMME ?
RUEDI  : NEIN !
        : SUMME 4 ?
HANS   : TOTAL ?
RUEDI  : NEIN !
        : SUMME 4 ?
HANS   : UNVERSTAENDLICH !
```

D.h. HANS kann auf die Frage hin bei keinem seiner frames alle konstanten slots füllen. Am besten geht es noch mit den frames 2 und 3 (SUMME passt, und UNBEKANNT für N folgt aus dem Dialogmodell), die damit 50% der slots gefüllt haben, was HANS zu zwei Hypothesen-Gegenfragen veranlasst. Beide werden verneint. Die Wiederholung der Frage durch RUEDI bringt ihm dabei gar nichts, da er nichts Neues erfährt. Auch frame 4 kann zu 50% gefüllt werden (UNBEKANNT für N), was nochmals eine Gegenfrage gibt. Aber dann ist Schluss, denn der eine slot in frame 1 (UNBEKANNT für N; 25%) ist ihm doch zuwenig für eine Gegenfrage.

Fragt RUEDI nach S15, dann kann HANS zwar die konstanten slots in frame 1 füllen (ELEMENT), hat aber mit den Parametern Mühe, da für ihn in diese slots keine 4 passt. Entsprechend fragt er zurück:

```
RUEDI : ELEMENT 4 3 ?
HANS   : ELEMENT WIEVIEL 3 ?
RUEDI  : 4 .
HANS   : ELEMENT WIEVIEL 3 ?
        etc.
```

1.3.6 Lehrer und Lerner merken sich, wo sie mit der Verständigung nicht weiterkommen

Lässt man das Simulationsprogramm so laufen, wie es jetzt ausgebaut ist, dann kann sehr schnell die Situation auftreten, wo der Lerner immer wieder dieselbe Frage stellt und der Lehrer immer wieder mit "UNVERSTAENDLICH" antwortet. Dem kann abgeholfen werden, indem der Lerner dazu übergeht, sich nicht nur zu merken, was der Lehrer nicht weiss, sondern auch, was dieser nicht versteht.

Dabei handelt es sich allerdings um ein wesentlich komplizierteres Unterfangen, als sich nur zu merken, bei welchem Feld der Lehrer mit UNBEKANNT antwortet, denn die Ursachen für ein "UNVERSTAENDLICH" können sehr komplex sein.

Einmal kann es sich dabei um eine rein akustische Störung handeln (z.B. wenn das Gespräch über eine sehr schlechte Telefonleitung geht). In diesem Fall ist es nicht sinnvoll, das Verständigungsproblem dem Lehrer anzulasten.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, dass der Lehrer eine ganz bestimmte Formulierung nicht versteht (z.B. "ELEMENT 4 4", da dieses Feld bei ihm "TOTAL" heisst).

Und zum dritten könnte es sein, dass er einen bestimmten Begriff (in unserer Sprache einen "Namen") nicht versteht, also eine ganze Menge von Formulierungen nicht verarbeiten kann.

Dem ersten Fall wird in unserer Simulation bereits Rechnung getragen, indem der Lerner seine Frage einfach geduldig wiederholt, wenn sie nicht verstanden wird. Das kann er der Sicherheit halber mehrmals tun, bis die Wahrscheinlichkeit sehr gross ist, dass es nicht an der Akustik liegt, sondern dass mindestens ein Problem der zweiten oben angeführten Art vorliegt. Dies wollen wir im Simulationsprogramm dadurch einbeziehen, dass der Lerner eine Frage nur höchstens dreimal wiederholt. Wird er dann immer noch nicht verstanden, markiert er sich im entsprechende Feld in seinem Modell über das Wissen des Lehrers, dass es keinen Sinn hat, danach weiter zu fragen. (Eine solche Markierung wird vom internen Modellbauer des Lerners gleich behandelt, wie wenn das Feld mit "UNBEKANNT" belegt ist, d.h. er wird nie mehr eine Frage nach diesem Feld veranlassen.)

Auf diesen Markierungen aufbauend, konnte nun ein Schlussfolgerungsmechanismus entwickelt werden, so dass es dem Lerner möglich wäre, mit Hilfe von vorgegebenem (und variierbarem) Vorwissen über mögliche Sprachverwendungen Schlüsse von den gesammelten Problemen zweiter Art auf solche dritter Art zu ziehen. D.h. man könnte den Lerner dazu befähigen, dass er z.B. wenn sowohl "SUMME 1" wie "SUMME 2" nicht verstanden wurden, zum Schluss kommt, dass der Lehrer offenbar nicht weiss, was "SUMMME" heisst. Dies entspricht einer Art negativen Begriffsbildung, d.h. der Lerner lernt, welche seiner Begriffe er nicht anwenden kann (ein interessanter Ansatz, der die dazu notwendigen Prozesse liefern könnte, findet sich z.B. bei Keller, 1980). Vorläufig will ich dies aber nicht in die Simulation mit einbauen; wir werden jedoch die Möglichkeit solcher Prozesse bei der Betrachtung von Missverständnissen im Auge behalten müssen.

Der Lerner verzichtet also nach dem dritten Mal darauf, seine Frage wieder zu stellen. Allerdings müssen wir ihn dann auch mit einer Möglichkeit ausstatten, dies dem Lehrer mitzuteilen, denn sonst können Situationen auftreten, wo der Lerner versucht, eine neue Frage zu stellen, der Lehrer hingegen glaubt, es gehe noch um die alte Frage. Zu diesem Zweck führen wir einfach die "leere" Metaaussage "!" ein, die etwa bedeutet "Dazu gibt es nichts mehr zu sagen".

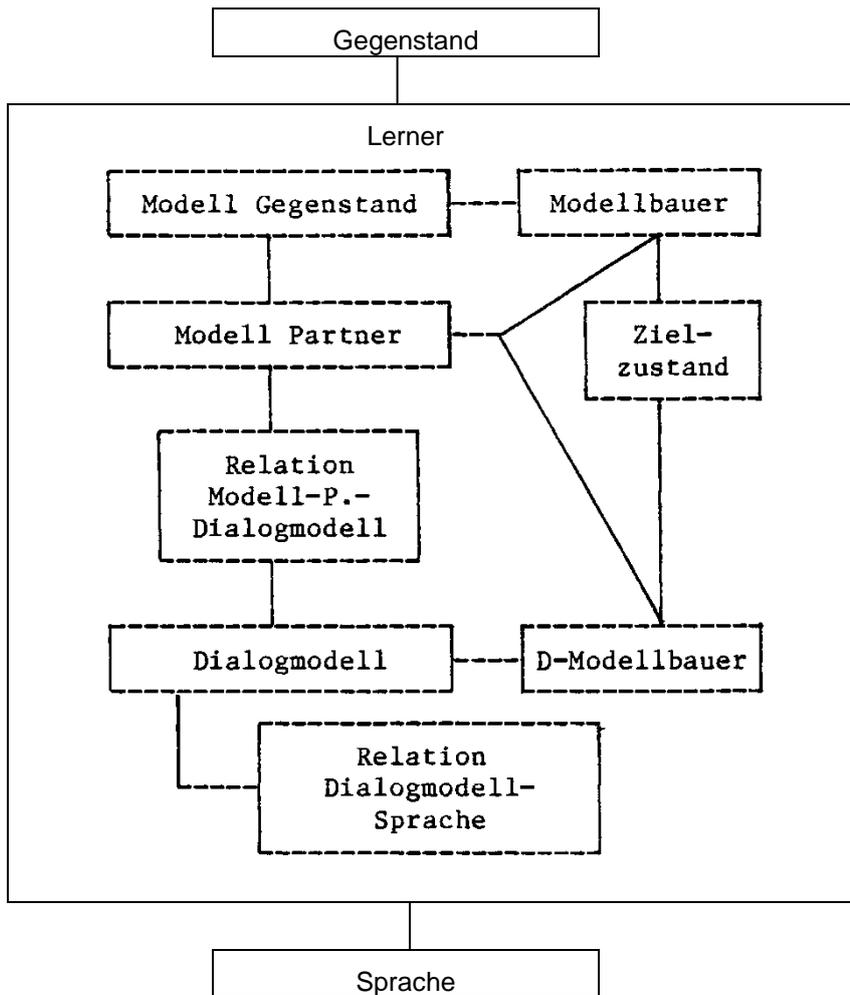
Der Lerner meldet also dem Lehrer, dass er eine Frage nicht weiter verfolgen möchte mit dem Satz "!". Der Lehrer leert darauf all seine frames und ist bereit für eine neue Frage. Das signalisiert er ebenfalls einfach mit dem Satz "!".

Natürlich kann nun auch noch die Situation auftreten, dass der Lerner gar keine weiteren Fragen mehr hat, sei es, weil sein Problem gelöst wurde, sei es, weil der interne Modellbauer keine weiteren brauchbaren Subziele mehr findet. Dann ist das Gespräch vom Lerner aus gesehen, der ja mit seinen Fragen die treibende Kraft ist, beendet, und das teilt er einfach mit durch den Satz:

"SCHLUSS !"

Von der Seite des Lehrers her kann es ebenfalls zu einem Zirkel kommen, indem er nämlich eine W-Frage immer und immer wieder wiederholt. Auch ihn lassen wir nach drei Mal abrechnen. Ihm brauchen wir allerdings keine neue Möglichkeit mitzugeben, das mitzuteilen, sondern er kann das durch ein "UNVERSTAENDLICH !" kundtun.

Durch die Einführung des Dialogmodells ist der Weg von der sprachlichen Formulierung bis zum internen Modell des Gesprächsgegenstandes nochmals um eine Etappe länger geworden (Figur 7).



Sprache Figur 7: Zweite Ausbaustufe des Lernalers

Der Dialog hat nun die Form, dass prinzipiell in jeden Frage-Antwort-Zirkel ein zweiter Zirkel von Frage und Verständnisfrage eingegliedert sein kann. Dieser Zirkel sollte normalerweise dazu führen, dass die Frage vom Lehrer verstanden wird, d.h. dass der unterbrochene Frage-Antwort-Zirkel weiterlaufen kann. Ist dies nicht der Fall, dann werden über eine Art "Notausgang" beide Zirkel gleichzeitig verlassen und der Lerner merkt sich in seinem Modell vom Lehrer, dass er nicht mehr in den entsprechenden Frage-Antwort-Zirkel einsteigen soll.

Ein Dialog kann nun z.B. folgenden Verlauf nehmen (Sprachverwendung wie im vorangehenden Beispiel; Ziel von RUEDI S16, beide kennen alle Relationen des Gegenstandes)

HANS			
	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI			
	3	4	
6	7		
	7		
17	17		

RUEDI : SUMME 4 ?
 HANS : ZEILEN SUMME ?
 RUEDI : NEIN !
 : SUMME 4 ?
 HANS : KOLONNEN SUMME ?

RUEDI : NEIN !
 : SUMME 4 ?
 HANS : TOTAL ?

HANS

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI

	3	4	
6	7		
	7		
17	17		???

RUEDI hat nun dreimal das gleiche gefragt und keine Antwort erhalten. Er merkt sich das (hier durch die "???" dargestellt) und verzichtet in Zukunft auf diese Frage.

RUEDI : NEIN !
 RUEDI : !
 HANS : !
 RUEDI : ELEMENT 4 3 ?
 HANS : ELEMENT WIEVIEL 3 ?
 RUEDI : 4.
 HANS : ELEMENT WIEVIEL 3 ?
 RUEDI : 4.
 HANS : UNVERSTAENDLICH !

HANS hat auch beim dritten Mal nicht verstanden, welches ELEMENT gemeint ist, und fragt darum nicht mehr zurück. Für RUEDI ist die Frage damit ebenfalls dreimal nicht verstanden worden (er zählt jede Antwort auf eine W-Frage als Wiederholung der Frage), und er streicht auch diese.

HANS

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI

	3	4	
6	7		
	7		
17	17	???	???

RUEDI : ELEMENT 2 3 ?
 HANS : 5 .
 RUEDI : ELEMENT 3 3 .
 HANS : UNBEKANNT .
 RUEDI : SUMME 3 ?
 HANS : ZEILEN SUMME ?

	3		
6		5	
5	7		
17		15	

	3	4	
6	7		
	7	UNB	?
17	17	???	???

RUEDI : NEIN !
 RUEDI : SUMME 3 ?
 HANS : 15 .

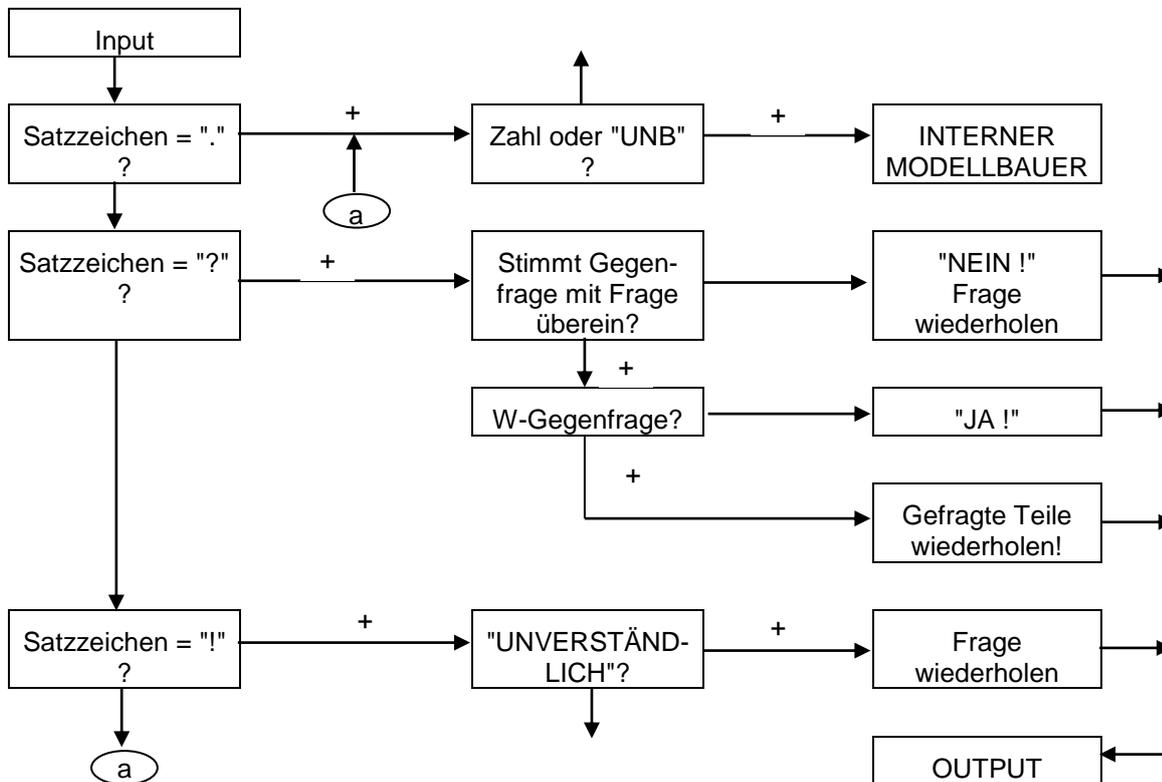
Ein kleines Missverständnis ! Nach dem HANS abgeklärt hat, dass RUEDI nicht die ZEILEN SUMME 3 meint, übersteigt in seiner Rechnung nur die Wahrscheinlichkeit dafür, dass RUEDI dann eben die KOLONNEN SUMME 3 meint, die kritische Grenze, und die Wahrscheinlichkeiten für alle anderen Hypothesen liegen weit darunter. So antwortet er (falsch!) ohne weitere Gegenfrage.

RUEDI : ELEMENT 3 1 ?
 HANS : 5.
 RUEDI : SCHLUSS !

Denn RUEDI hat alles beisammen, um sich sein Hauptziel berechnen zu können.

1.3.7 Der interne Dialogmodellbauer und sein Modell

Sowohl die Leistungen, die der interne Dialogmodellbauer erbringen muss, wie das Modell, d.h. die zwischen den drei zur Verfügung stehenden Plätzen möglichen Relationen, sind unterdessen recht komplex geworden. Am einfachsten lässt sich die ganze Sache anhand von Flussdiagrammen überblicken. Das Diagramm für den Lehrer findet sich in Anhang B. Ich will hier nicht speziell darauf eingehen, da seine Details im wesentlichen neutrale Analogien darstellen. Am Dialogmodell des Lerner, das wesentlich einfacher ist, lassen sich aber einige Dinge demonstrieren.



Figur 8: Das Dialog-Flussdiagramm des Lerner

Dass das Modell des Lerners einfacher ist, als das des Lehrers, liegt v.a. daran, dass wir die Möglichkeit, auf Verständigungsprobleme differenziert zu reagieren, erst auf der Seite des Lehrers behandelt haben. Entsprechend finden sich im Flussdiagramm für das Dialogmodell des Lerners einige offene Enden, d.h. Situationen, in denen das Modell ins Leere führt (z.B. wenn das "Satzzeichen" ein Punkt ist und der Rest des Satzes weder eine Zahl noch "UNBEKANNT"). Man könnte, um diese Enden zum Verschwinden zu bringen, den Lerner nun ebenfalls mit einem ähnlichen Apparat wie den Lehrer ausstatten; darauf mochte ich aber vorläufig verzichten, da mir scheint, dass dadurch nichts wesentlich Neues dazukommen würde.

Allerdings müssen wir, damit der Dialog nicht stecken bleibt, dem Lerner eine Möglichkeit geben, mit den toten Enden seines Dialogmodells fertig zu werden. Das gleiche gilt auch für den Lehrer, denn auch bei ihm finden sich Situationen, wo keine weiteren Schritte vorgesehen sind (z.B. wenn er die Antwort auf eine Gegenfrage nicht verarbeiten kann).

Dass es solche toten Enden gibt, scheint mir keine zufällige Eigenschaft dieses speziellen Dialogmodells zu sein, sondern kommt notwendig in jedem solchen Modell vor, da jeder Schritt, den einer der Partner zur Klärung einer Schwierigkeit unternimmt, beim anderen neue Schwierigkeiten produzieren kann« Natürlich wäre es möglich, den ganzen Prozess rekursiv so zu organisieren, so dass sich die Gespräche beliebig lange fortsetzen lassen und zu immer neuen Ebenen von Rückfragen zu Rückfragen zu Rückfragen etc. führen. Aber einerseits muss es pragmatisch immer möglich sein, auszusteigen. Das heisst, es muss immer möglich sein, dass man das ganze Gebäude von Vermutungen, Erklärungen etc., das beim Verfolgen einer bestimmten Frage entstanden ist, in sich zusammenfallen lässt, da man offensichtlich so nicht weiterkommt. Und zum zweiten scheint es mir unwahrscheinlich, dass menschliche Gesprächspartner solch rekursive Frage- und Gegenfrage-Systeme über viele Ebenen aufbauen (bzw. dass sie dazu überhaupt in der Lage sind).

Genau ein solcher "Abbruch" der aufgebauten Strukturen geschieht, wenn einerseits unser Lehrer verschiedenste Hypothesen darüber, was der Lerner gefragt haben könnte, abgearbeitet hat und dies mit "UNVER-STAENDLICH" signalisiert, und wenn andererseits der Lerner darauf mit "!" antwortet und damit zu verstehen gibt, dass er diese Frage nicht weiter verfolgen möchte« Dann können die beiden mit der nächsten Frage wieder bei Null, d.h. auf der direkten Verständigungsebene beginnen. Somit haben wir bereits die sprachliche Möglichkeit zu einem solchen Abbruch geschaffen, nämlich "!". Dieser Satz wird in jeder Situation so verstanden, dass der Partner alles "auf Null stellt" und die Fragerei von vorne beginnen kann. Er kann immer eingesetzt werden, wenn ein totes Ende im Dialogmodell erreicht ist.

Soweit einige Betrachtungen zu einer möglichen Quelle von Kommunikationsschwierigkeiten, nämlich den Problemen sprachlicher Natur. Neben dieser ersten Quelle von Schwierigkeiten gibt es zumindest noch eine zweite, vielleicht weniger offensichtliche, nämlich Schwierigkeiten, die sich aus dem ergeben, was man das Problemlöse-Verhalten der Partner nennen könnte. Wenden wir uns nun diesem Aspekt der Situation zu.

1.4 Der dritte Zirkel: Frage und Wissensgegenfrage

1. Der Lehrer denkt mit
2. Der Lerner wartet auf die Einsichten des Lehrers
3. Ein ausführliches Beispiel

1.4.1 Der Lehrer denkt mit

So, wie der Frage-Antwort-Prozess bis jetzt organisiert ist, kommt nur ein Teil des Wissens des Lehrers überhaupt zum Tragen. Der Lerner fragt ihn nach den Inhalten bestimmter Felder, und der Lehrer teilt ihm einfach mit, ob er ihn kennt oder nicht. Allfällige Relationen zwischen den einzelnen Feldern, die dem Lehrer bekannt sein mögen, spielen keine Rolle. Diese bekommen erst eine Bedeutung, wenn der Lehrer mitzudenken beginnt, d.h. wenn er selbst zu suchen beginnt, sobald er auf eine Frage des Lerners keine Antwort weiss.

Dieses Mitdenken kann verschiedenste Formen annehmen. Im einfachsten Fall überprüft der Lehrer nur schnell, ob er nicht eine Relation und die nötigen Zahlen kennt, mit deren Hilfe er sich die gewünschte Zahl ausrechnen kann. Er schaltet also zwischen dem Verstehen der Frage und der Antwort eine zusätzliche Überlegung ein.

Kennt der Lehrer keine Relation, dann gibt es für ihn keine Möglichkeit, wie er dem Lerner zielgerichtet helfen kann. Kennt er eine, dann besteht die Möglichkeit, dass er alle anderen Felder,

ausser den erfragten, die an der Relation beteiligt sind, besetzt hat, und somit gleich antworten kann. Komplizierter wird es, wenn er nicht alle notwendigen Felder besetzt hat. Prinzipiell bleiben ihm dann zwei Möglichkeiten offen: Entweder versucht er die benötigten Zahlen vom Lerner zu erfahren, d.h. er arbeitet mit seiner eigenen Relation;

oder dann spekuliert er darauf, dass der Lerner die gleiche Relation wie er kennt und teilt die Zahlen, die er kennt und die dem Lerner nützlich sein könnten, diesem mit.

Die erste dieser beiden Strategien lässt sich mit dem bisher Erreichten relativ einfach verwirklichen. Zu diesem Zweck müssen wir einfach Lehrer und Lerner symmetrisch ausbauen, so dass jeder beide Funktionen übernehmen kann. Der Lehrer unterscheidet sich dann vom Lerner nur dadurch, dass er zu Beginn des Dialogs über kein spezielles Ziel verfügt. Sobald er aber eine Frage des Lerners mit "UNBEKANNT" beantworten muss, macht er das entsprechende Feld zu seinem Hauptziel und wirkt von diesem Moment an als "Lerner" bezüglich dieses Ziels.

Damit diese neue Fähigkeit aber Überhaupt zur Anwendung kommt, müssen wir das Dialogmodell nochmals geringfügig umgestalten, denn so wie es bisher aussieht, besteht ja für den Lehrer gar keine Möglichkeit als "Lerner" Fragen zu stellen. Am einfachsten lässt sich das einrichten, indem wir dem Satz "!", mit dem der Lerner signalisiert, dass er eine bestimmte Frage nicht mehr weiter verfolgen will, eine neue Bedeutung geben. Er soll von nun an zusätzlich die Aufforderung zum Rollentausch enthalten. Sagt der Lerner dem Lehrer also "!", dann bedeutet das nun soviel wie "Du bist dran". Die gleiche Bedeutungserweiterung erfährt der Satz "SCHLUSS !".

Hat der Lehrer nach einigem Rechnen und Fragen das gewünschte Resultat gefunden, dann kann er das dem Lerner (nun wieder in der Funktion des Lehrers) mit einer einfachen Aussage mitteilen (z.B. "ELEMENT 1 1 27 ."). Wenn wir noch das Dialogmodell beim Lerner etwas erweitern, so dass er von solch einer Aussage nicht überrascht wird, dann haben wir einen Dialog mit mitdenkendem Lehrer.

1.4.2 Der Lerner wartet auf die Einsichten des Lehrers

Bei diesem Stand der Dinge kann aber folgendes geschehen:

Der Lehrer hat ein Subziel des Lerners als Ziel übernommen und geht diesem nach. Unterdessen findet der Lerner heraus, dass dieses Subziel bei ihm eine Sackgasse ist und streicht es von seiner Zielliste, streicht auch noch andere Ziele als Sackgasse bis schliesslich auch das Hauptziel als "nicht erfüllbar" gestrichen ist. Darauf fordert er den Lehrer auf, aufzuhören ("SCHLUSS !"). Wenn dieser das nicht tut, und er wird es nicht tun, bis sein übernommenes Ziel erreicht ist oder auch in einer Sackgasse endet, dann geht das Gespräch weiter. Und früher oder später kommt der Lehrer dann eventuell mit einer Lösung. Der Lerner nimmt diese dankend entgegen. Da er aber schon die ganze Zielhierarchie abgebrochen hat, kann er die Antwort des Lehrers nicht mehr auf sein Hauptziel beziehen, d.h. er kann nichts damit anfangen und die Bemühungen des Lehrers waren umsonst.

Damit dies nicht geschieht, ist es notwendig, dass der Lerner auf jeden Fall sein Hauptziel nicht aufgibt, bis der Lehrer auch "SCHLUSS dieses Ziel nochmals entwickeln, um zu sehen, ob das Problem jetzt lösbar ist. In diesem Sinn ändern wir den internen Modellbauer nochmals etwas ab:

- Der Lerner streicht sein oberstes Ziel, wenn es zur Sackgasse wurde, nur dann von der Zielliste, wenn der Lehrer "SCHLUSS !" sagt.
- Teilt der Lehrer dem Lerner etwas Neues über den Gegenstand mit, dann löscht der Lerner alle Sackgassenmarkierungen und der interne Modellbauer beginnt von neuem.

1.4.3 Ein ausführliches Beispiel

An dieser Stelle möchte ich vorläufig den Ausbau des Simulationsprogramms abbrechen und systematisierend zusammentragen, was uns das Ganze gebracht hat. Zuerst soll aber eine kleine Illustration zeigen, wie die Interaktion von Lehrer und Lerner im abwechselnden Rollentausch bereits relativ komplexe Probleme lösen kann. HANS hat in diesem Beispiel zu Beginn kein spezielles Ziel, ist also der Lehrer;

RUEDI interessiert sich für SII* HANS kennt alle Relationen und verfügt über eine dementsprechend "reiche" Sprache; RUEDI kennt nur die horizontalen Relationen und nennt die Felder am rechten Rand einfach "SUMME". HANS als Lehrer denkt mit, d.h. übernimmt Ziel des Lerners; RUEDI dagegen nicht (d.h. er macht nicht wieder Subziele von HANS zu seinen Zielen, verhält sich also, wenn HANS in der Rolle des Lerners ist, nicht als "mitdenkender" Lehrer).

HANS			
	3		
6		5	
5	7		
17		15	

RUEDI			
	3	4	
6	7		
	7		
17	17		

RUEDI : ELEMENT 3 3 ?
HANS : UNBEKANNT .
RUEDI : !

HANS			
	3		
6		5	
5	7	UNB	
17		15	

RUEDI			
	3	4	
6	7		
	7	UNB	
17	17		

RUEDI überlässt HANS damit die Initiative. Dieser hat S11 als Ziel übernommen und sich gleichzeitig gemerkt, dass RUEDI sie offenbar nicht kennt. Also versucht er, sie mit Hilfe von Zusatzinformationen zu errechnen.

HANS : ZEILEN SUMME 3 ?
RUEDI : ZEILE WIEVIEL ?
HANS : NEIN !
HANS : ZEILEN SUMME 3 ?
RUEDI : UNBEKANNT .

Kleines Missverständnis ohne Folgen: RUEDI nimmt an, es müsse sich um "SUMMME 3" handeln. Auch er merkt sich, dass HANS sie offenbar nicht kennt. Damit ist er mit seinem Latein aber am Ende (er kennt ja nur die "horizontalen" Relationen). Das Hauptziel wird zur Sackgasse, und er resigniert.

HANS			
	3		
6		5	
5	7	UNB	UNB
17		15	

RUEDI			
	3	4	
6	7	SAC	
	7	SAC	SAC
17	17		

HANS : !
RUEDI : SCHLUSS !

Für HANS ist die Sache aber noch nicht erledigt.

HANS : TOTAL ?
RUEDI : UNVERSTAENDLICH !

HANS : TOTAL ?
 RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
 HANS : TOTAL ?
 RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
 HANS :!
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : KOLONNEN SUMME 2 ?
 RUEDI : SUMME WIEVIEL ?
 HANS : NEIN !
 HANS : KOLONNEN SUMME 2 ?
 RUEDI : UNBEKANNT .

Wieder dasselbe kleine Missverständnis.

HANS :!
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : ELEMENT 2 2 ?
 RUEDI : 7 .

	3		
6	7	5	UNB
5	7	UNB	UNB
17	17	15	???

	3	4	
6	7		UNB
	7	SAC	SAC
17	17		

HANS :!
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : ZEILEN SUMME 1 ?
 RUEDI : SUMME WIEVIEL ?
 HANS : NEIN !
 HANS : ZEILEN SUMME 1 ?
 RUEDI : UNBEKANNT . (!?)
 HANS :!
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : ELEMENT 1 1 ?
 RUEDI : UNBEKANNT .

D.h. der Versuch, über "ZEILEN SUMME 3" etc. zu einer Lösung zu gelangen, führt offenbar zu nichts.

6	3		SAC
6	7	5	
5	7	UNB	SAC
17	17	15	???

UNB	3	4	UNB
6	7		UNB
	7	SAC	UNB
17	17		

HANS versucht es nun über "ELEMENT 1 3".

HANS :!
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : ELEMENT 13?
 RUEDI : 4 .

Und gelangt zu einem Resultat !

HANS : ELEMENT 336.
RUEDI : SCHLUSS !
HANS : SCHLUSS !

Worauf beide zufrieden sind.

2. Systematischer Überblick über Struktur und Funktionen des Programms

1. Die drei Zirkel
2. Die Detailstruktur der Zirkel

Soweit der Aufbau der Simulation bis jetzt gediehen ist, lassen sich einige Strukturen erkennen, die vermutlich typisch für jeden Dialog sind, der das Ziel hat, Information zu übertragen. Es sind dies einerseits die "drei Zirkel" und andererseits gewisse Details dieser Zirkel.

2.1 Die drei Zirkel

Als Hauptbestandteile des Dialogs lassen sich drei Zirkel ausmachen:

- A Frage und Antwort
- B Frage und Verständnisgegenfrage
- C Frage und Wissensgegenfrage

Der Zirkel A (Frage und Antwort) ist grundlegend für jede Wissensübermittlung und auf ihm ist das ganze Gespräch aufgebaut. Die beiden anderen Zirkel betreffen zwei Hauptprobleme, die bei der Beantwortung einer Frage auftreten können, nämlich: (B) Die Frage wird nicht verstanden und/oder (C) die Antwort ist nicht bekannt. Als ganz grobe Charakterisierung lässt sich der Zirkel B dem Problemkreis "Sprache" zuordnen, wogegen Zirkel C mehr in das Kapitel "Problemlösen" fällt.

2.2 Die Detailstruktur der Zirkel

1. Reziproke Erwartungen
2. Normaler Ausgang
3. Notausgang
4. Gedächtnis für Notausgänge

Alle drei Zirkel weisen gewisse gemeinsame Aspekte auf, die ebenfalls typisch für beliebige Kommunikationsstrukturen zu sein scheinen.

2.2.1 Reziproke Erwartungen

Die Verständigung in allen drei Zirkeln gründet sich immer darauf, dass der eine Partner gewisse Annahmen über den anderen Partner macht. Und dass gleichzeitig der zweite weiss, dass der erste diese Annahmen über ihn macht (und dass der erste wieder weiss, dass der zweite das weiss ... (vgl. Rommetveit, 1979)). Eine solche Annahme ist schon in jeder einfachen Frage enthalten, nämlich die Annahme, dass der andere den gleichen Gegenstand ähnlich modelliert hat, so dass die Frage für ihn Sinn macht. Deutlicher werden die Annahmen dann im Dialogmodell, das ja aus reziproken Erwartungen und Verpflichtungen besteht.

2.2.2 Normaler Ausgang

Jeder der Zirkel ist mit einem Ziel assoziiert (A: direkte positive Antwort; B: verstehen der Frage; C: indirekte positive Antwort), das definiert, wann und wie der Zirkel erfolgreich verlassen werden kann. Im einfachen (A) wie im komplexen (C) Frage/Antwort-Zirkel verlässt der Fragende den Zirkel mit einer Antwort, die er in sein Wissen eingliedern kann. Im Zirkel von Frage und Verständnisgegenfrage verlässt der Antwortende den Zirkel mit einer für ihn verständlichen Frage, die er auf sein Wissen anwenden kann. Normalerweise verbleiben die Gesprächspartner in einem Zirkel, bis das mit ihm verbundene Ziel erreicht ist.

2.2.3 Notausgang

Manchmal reicht das Wissen und die Fähigkeit (oder auch die Geduld) der Partner nicht aus, das normale Ende eines Zirkels zu erreichen (A: Der Befragte kennt die Antwort nicht; B: Die Partner geraten an ein offenes Ende des Dialogmodells (vgl. Abschnitt 1.3.7); C: vgl. Teil II). Dann muss eine Möglichkeit gegeben sein, den Zirkel unverrichteter Dinge durch einen Notausgang zu verlassen. Im Zirkel A ist dies einfach das "Ich weiss nicht" des Befragten ("UNBEKANNT"); im Zirkel B sieht das Dialogmodell die Sequenz "UNVERSTAENDLICH !" "!" für diesen Fall vor; und auf den Zirkel C werden wir im Teil II näher eingehen.

2.2.4 Gedächtnis für Notausgänge

In den Fällen, wo aus einem Zirkel ein Notausgang benutzt werden musste, wird das eigentliche Ziel der Gesprächspartner nicht erreicht. Unter Umständen werden sie auf das gleiche Ziel (eine bestimmte Frage) später wieder zurückkommen. Das kann sinnvoll sein, da das Scheitern beim letzten Mal auf irgend welche unkontrollierbare Umstände zurückzuführen sein kann, die sich unterdessen geändert haben. (A: Das Wissen des Befragten hat sich geändert; B: Die Verständigung wurde besser.) Es kann aber auch sein, dass die Ursache unveränderlich ist und sich die beiden damit abfinden müssen, dass sie dieses spezielle Ziel miteinander nicht erreichen können. In diesem Fall müssen sie sich ein Modell über die Interaktionssituation mit dem speziellen Partner aufbauen, so dass sie auf diese speziellen Ziele im Zusammenhang mit diesem Partner nicht mehr zurückkommen. Im Zirkel A merkt sich der Fragende einfach, welche Fragen der Partner nicht beantworten kann, und kommt nicht mehr auf sie zurück. Im Zirkel B merkt er sich, welche Fragen der Partner nicht versteht, und kommt auch hier nicht mehr zurück. Und im Zirkel C merkt er sich (wie wir sehen werden), welche Fragen der Partner definitiv nicht beantworten kann.

Soweit die grossen Strukturen des Simulationsmodells, die sich wahrscheinlich als grobes Raster zur Beschreibung aller Gespräche vom hier betrachteten Typ eignen. Damit es nun möglich wird, die verschiedenen Schwachstellen der simulierten Kommunikation, d.h. die potentiellen Ursachen von Missverständnissen und Nicht-Verstehen, zu untersuchen, ist es notwendig, die einzelnen Leistungen, die im Rahmen dieser Struktur vom Programm erbracht werden, genauer zu betrachten.

Sowohl Lehrer wie Lerner führen folgende Operationen aus:

1. Generieren von Sätzen
2. Analysieren von Sätzen (Parsen)
3. Aufbau von Wissen über den Gegenstand
4. Aufbau von Wissen über den Partner

und werden dabei durch folgendes Vorwissen geleitet:

1. Modell des Gegenstandes
2. Strategisches Wissen zur Inferenz und Subzielbildung
3. Regeln zur Sprachbenutzung
4. Wissen über mehr oder weniger wahrscheinliche Dialogsequenzen
5. Wissen über die möglichen Ursachen von "lokalem" (d.h. auf eine Frage-Antwort-Einheit bezogenen) Nicht-Verstehen.
6. Wissen über die möglichen Ziele des Partners.

Probleme entstehen dann, wenn die beteiligten Prozesse fehlerhaft ablaufen oder gar nicht zu einem Resultat gelangen. Es kann z.B. sein, dass der eine Partner beim Parsen eines Satzes etwas anderes "herausliest", als der andere beim Generieren desselben Satzes "hineinlegen" wollte (fehlerhafte Prozesse); oder dass keiner der Partner eine geeignete Relation kennt, die zur Lösung des Problems führen könnte (erfolglose Prozesse).

Wie man leicht sieht, lässt sich in beiden Fällen die Ursache des Problems darauf zurückführen, dass das beteiligte Vorwissen der beiden Partner nicht aufeinander "passt".

Im Falle fehlerhafter Prozesse besteht das Problem darin, dass das Vorwissen der beiden Partner über den gleichen Aspekt (Sprachverwendung, Dialogsequenzen, etc.) nicht reziprok ist, d.h. dass die gegenseitigen Erwartungen nicht übereinstimmen und die beteiligten Prozesse (z.B. Generieren und Parsen) nicht symmetrisch ablaufen. Im Falle erfolgloser Prozesse ist die Schwierigkeit dagegen die,

dass das beteiligte Vorwissen der beiden nicht komplementär ist, d.h. dass nicht Wissenslücken des einen die Wissenslücken des anderen kompensieren.

Das "Nicht-Aufeinanderpassen" von Vorwissen ist nicht bei allen Aspekten des Vorwissens gleich problematisch. Bei einigen davon führt es zu Nicht-Verstehen, bei anderen zu Missverständnissen und bei dritten gleich zu beidem. Betrachten wir, um einen Überblick über die möglichen Schwachstellen des Dialogs zu bekommen, nun das "Nicht-Aufeinanderpassen" bzw. die Folgen davon für die einzelnen Vorwissenskategorien separat.

3. Ursachen von Kommunikationsschwierigkeiten und Regeln zu ihrer Behebung

1. Differenzen im Vorwissen über den Gegenstand
2. Unterschiedliche Inferenz-Strategien
3. Unterschiedliche Sprachverwendungen
4. Unterschiedliches Vorwissen über mögliche Dialogsequenzen
5. Unterschiedliches Vorwissen über mögliche Ursachen von "lokalem" Nicht-Verstehen
6. Unterschiedliches Vorwissen über mögliche Ziele

Betrachtet man ein bestimmtes Kommunikationsproblem und seine Ursachen, dann lassen sich selbstverständlich immer die unterschiedlichsten Lösungen zu seiner Behebung finden, möchte HANS von RUEDI den Inhalt eines bestimmten Feldes wissen und versteht RUEDI seine Frage nicht, dann kann HANS verschiedenes versuchen. Er kann z.B. den Gesprächspartner wechseln; oder er kann versuchen, direkt mit dem Gegenstand in Kontakt zu kommen; oder er kann versuchen, seine Frage nochmals anders zu formulieren; etc.. Damit wir nun wissen, in welcher Richtung wir bei den im folgenden besprochenen Problemen nach einer Lösung suchen wollen, müssen wir zuerst festlegen, welche Aspekte der Situation wir als gegeben und welche wir als veränderlich betrachten wollen.

Als gegeben und unveränderlich soll selbstverständlich einmal gelten, welche zwei Personen sich mit welchem Vorwissen über den Gegenstand gegenüberstehen. D.h. sowohl ein Wechsel des Gesprächspartners, sowie direkter Rückgriff auf den Gegenstand sind als Lösungsmöglichkeiten ausgeschlossen, denn schliesslich soll hier untersucht werden, wie den Gesprächspartnern zu helfen wäre, wenn sie in der Situation bleiben. Das Vorwissen unter Punkt 1 in der obigen Zusammenstellung (Modell des Gegenstandes) gilt also als gegeben.

Punkt 2 (strategisches Wissen zur Inferenz und Subzielbildung) umfasst die Problemlösekompetenz der beiden Partner. Sie ist klar beschränkt. Verfügt einer unserer simulierten Gesprächsteilnehmer z.B. über folgendes Wissen:

$$\begin{aligned}A + B &= 4 \\A - B &= 2\end{aligned}$$

dann kann er daraus keine Schlüsse ziehen, denn ihm fehlen in beiden Relationen zwei Werte. Dabei ist die Lösung $A=3$ und $B=1$ für jeden, der ein Gleichungssystem auflösen kann, sofort ersichtlich. Diese Einschränkung der Problemlösekompetenz ist willkürlich und dient im wesentlichen dazu, die Situation zu vereinfachen. Auch sie soll als gegeben gelten (was keine Einschränkung darstellt, denn die Problemlösekapazität beliebiger zwei Gesprächspartner ist immer irgendwo beschränkt).

Ein weiterer Aspekt der Situation stellt die Sprache dar, die sich grob in die beschreibende Sprache (die Ausgangsbasis, von der aus ausgehend wir die Sprache immer mehr erweitert haben), mit der Teile des Gegenstandes dargestellt werden können, und die "steuernde" Sprache, mit deren Hilfe der Dialog geleitet wird, unterteilen lässt. Auch die beschreibende Sprache (im wesentlichen Punkt 3 der obigen Aufzählung) ist offensichtlich beschränkt, d.h. es ist in ihr nicht möglich, alle Teile des Gegenstandes zu beschreiben. Es lassen sich die Inhalte einzelner Felder mitteilen, jedoch kann nichts über die Zusammenhänge zwischen den Feldern ausgesagt werden. Diese Einschränkung ist absolut parallel zur Einschränkung der Problemlösekapazität. Wären die Gesprächspartner in der Lage, Gleichungssysteme zu lösen, dann wäre es unbedingt notwendig, dass sie über ihre Relationen, d.h. über die Gleichungen, kommunizieren könnten. Denn so, wie beim Auflösen einer einzelnen Gleichung nach einer bestimmten Unbekannten das oberste Subziel darin besteht, alle anderen Unbekannten zu kennen, so ist beim Lösen von Gleichungssystemen das erste Subziel das Zusammenstellen der Gleichungen. Die komplexesten Einheiten, über die "Systemlöser" (d.h. solche, die imstande sind, ganze Gleichungssysteme mit mehreren Unbekannten aufzulösen) sprechen müssen, sind also ganze Gleichungen. Bei den "Einzellösern" (d.h. bei denen, die nur imstande sind einzelne Gleichungen nach einer Unbekannten aufzulösen) dagegen genügt es, wenn sie über,

einzelne Unbekannte sprechen können. Wie einer der beiden sich aus drei gegebenen Zahlen eine vierte ausrechnet, ist für seinen Gesprächspartner irrelevant, genauso wie es bei den "Systemlosem" irrelevant wäre, welcher Algorithmus genau zur Auflösung des Systems verwendet wird.

Generell lässt sich also zum Zusammenhang zwischen Problemlösekapazität und Sprache sagen, dass es bei gegebener Problemlösekapazität (und bei beliebigen zwei Gesprächspartnern wird immer ein oberstes Niveau der Problemlösekapazität existieren, das man als gegeben betrachten kann) klar abgrenzbare Bereiche am Gegenstand gibt, über die unbedingt gesprochen werden muss. Über alle anderen Bereiche kann gesprochen werden, es ist aber für die Problemlösung nicht notwendig. Die verwendete Sprache ist nun genau so eingeschränkt, dass in ihr genau über alle notwendigen Aspekte des Gegenstandes gesprochen werden kann. Das reduziert einerseits den Simulationsaufwand auf ein Minimum und garantiert andererseits, dass alle im Rahmen dieser Sprache auftretenden Kommunikationsprobleme für den positiven Ausgang der Gespräche relevant sind. Eine Erweiterung ist nicht notwendig, und wir können folglich auch die beschreibende Sprache als gegeben betrachten.

Das restliche Vorwissen hingegen, d.h. der Teil der Sprache, der zur Steuerung des Dialogs dient, sowie alle Inferenzprozesse, die Wissen über das Wissen des Partners sammeln, wollen wir als veränderlich betrachten, d.h. soll im folgenden durch Kommunikationsregeln so verbessert werden, dass die in der Simulation beim jetzigen Stand auftretenden Probleme vermieden werden können.

3.1 Differenzen im Vorwissen über den Gegenstand

Da vorausgesetzt ist, dass das Ausgangsmodell des Gegenstandes sowohl beim Lerner wie beim Lehrer korrekt ist, können aus solchen Differenzen - gleiche Sprachverwendung vorausgesetzt - keine Missverständnisse entstehen, d.h. kann es nicht geschehen, dass der eine oder andere sein Modell des Gegenstandes falsch aufbaut.

Hingegen können selbstverständlich, wenn die Modelle verschiedene Aspekte des Gegenstandes modellieren (nicht reziprokes Vorwissen), daraus massive Verständigungsprobleme resultieren. Und gelingt es den beiden Partnern nicht, ihre Modelle an den für die Lösung entscheidenden Punkten zum Schnitt zu bringen, dann führen solche Unterschiede zu "Nicht-Verstehen".

Beispiele von Nicht-Verstehen aufgrund des Vorwissens zum Gegenstand lassen sich im Rahmen der Simulation leicht herbeiführen. Etwa das folgende: HANS kennt nur die "KOLONNEN SUMME" und die dazu passenden (vertikalen) Relationen; RUEDI entsprechend nur die "ZEILEN SUMME". Das Ziel von HANS ist S6.

HANS				RUEDI			
	3				3		13
6				6			18
	7	6		6	7		
17		15					

Im Prinzip verfügen beide zusammengenommen über genügend Information, d.h. ihr Wissen ist komplementär. Der kurze Dialog

```

RUEDI : ELEMENT 3 1 6 .
HANS   : ELEMENT 1 1 5 .
RUEDI : ELEMENT 1 3 5 .
HANS   : ELEMENT 2 3 4 .
RUEDI : ELEMENT 2 2 8 .

```

würde zum Ziel führen. Aber die beiden sind, aufgrund der von ihnen verwendeten Strategie nicht imstande, diese Lösung zu sehen. Es geschieht vielmehr folgendes:

```

HANS   : ELEMENT 22?
RUEDI  : UNBEKANNT .

```

HANS :!
 RUEDI : ELEMENT 23?.
 HANS : UNBEKANNT .
 RUEDI :!
 HANS : KOLONNEN SUMME 2 ?
 RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
 HANS : SCHLUSS !

D.h. HANS konzentriert sich auf die ihm bekannten Relationen und stellt dabei seine eigene Suchstrategie in den Vordergrund. Er sieht so nicht die Möglichkeit, die in RUEDIs Versuch über ELEMENT 2 3 liegen wurde (nämlich in letzter Konsequenz des oben dargestellten Lösungsdialogs), und scheitert somit am mangelnden Vorwissen.

Es zeigt sich an diesem Beispiel sofort, dass nicht einfach das Vorwissen über den Gegenstand allein entscheidend ist, sondern dieses zusammen mit der verwendeten Strategie entscheidet über Erfolg oder Misserfolg. (Natürlich gibt es Situationen, in denen die beiden Partner zusammen nicht über genügend Informationen verfügen (z.B. wenn HANS die KOLONNEN SUMME 1 nicht kennen würde), die haben wir aber per Definition von den zu untersuchenden Situationen ausgeschlossen.) Die Strategien der beiden Partner entscheiden, ob es ihnen gelingt, die relevanten Überschneidungen ihres Wissens zu finden, und folglich müssen Kooperationsregeln zur Verhinderung solcher Probleme bei der Interaktionsstrategie der beiden ansetzen (zumal das Wissen als gegeben und unveränderlich betrachtet wird).

Interessant ist an unserem Beispiel v.a., dass die beiden Partner ohne "Metakommunikation", d.h. ohne Erweiterung der "Steuersprache", zu einer Lösung gelangen können. Sie lässt sich einfach dadurch erreichen, dass jeder der beiden jede Frage des Partners als eigenes Ziel übernimmt (darauf vertraut, dass der andere schon seine Gründe haben wird, wenn er eine bestimmte Frage stellt). Das konnte in unserem Beispiel zu folgendem Dialog führen (in etwas abgekürzter Notation):

HANS : ELEMENT 2 2 ?
 RUEDI : UNBEKANNT ELEMENT 2 3 ?
 HANS : UNBEKANNT . ELEMENT 1 3 ?
 RUEDI : UNBEKANNT . ELEMENT 1 1 ?
 HANS : UNBEKANNT . ELEMENT 3 1 ?
 RUEDI : 6 .
 HANS : ELEMENT 1 1 5 .
 RUEDI : ELEMENT 1 3 5 .
 HANS : ELEMENT 2 3 4 .
 RUEDI : ELEMENT 2 2 8 .

Notwendig ist dazu, dass

R1: jede Frage des Partners als eigenes Ziel übernommen wird.

Ein Grundsatz, der ohne weiteres bereits als eine Kommunikationsregel formuliert werden kann.

Wahrscheinlich liessen sich hier noch andere Probleme finden und besprechen, da aber beim jetzigen Stand der Analyse der Situation jeder Sammlung solcher Probleme eine gewisse Willkürlichkeit anhaftet, will ich es bei jeder Problemkategorie mit einigen illustrativen Beispielen bewenden lassen, so dass wir im folgenden einfach einen kurzen Überblick über die möglichen Problemkreise gewinnen.

3.2 Unterschiedlichen Inferenzstrategien

Wie bei Unterschieden im Modell des Gegenstandes gilt auch hier, dass durch unterschiedliche Inferenzstrategien allein - wenn diese je für sich korrekt sind - keine Missverständnisse entstehen können.

Jedoch kann es auch hier zu Verständigungsproblemen kommen; und zwar dann, wenn die beiden Partner aus ihrer eigenen Strategie falsche Annahmen über die Strategie des anderen ableiten. In der Simulation haben wir zwar keine Unterschiede in den Inferenzprozessen, d.h. beide Partner sind mit dem gleichen internen Modellbauer ausgestattet. Aber jeder der beiden macht trotzdem implizit Annahmen über den Inferenzprozess beim anderen, die falsch sind. Wird einer der beiden nach einem bestimmten Feld gefragt, dann markiert er sich dieses und stellt seinerseits nie mehr eine Frage zu diesem Feld. Dies entspricht der impliziten Annahme, dass der Partner den Inhalt des Feldes nicht

kennt (was laut Dialogmodell gerechtfertigt ist) und dass sich das nie ändern wird. Da aber der Partner immer zuerst fragt, bevor er selbst nach einer Lösung sucht, kann diese zweite Annahme völlig falsch sein.

Beide machen also die - nicht ganz konsequente - inkorrekte Annahme, dass der Partner im Gegensatz zu ihnen selbst zuerst "denkt" und dann "fragt". Das folgende Beispiel illustriert die Konsequenzen dieses Vorgehens: HANS kennt die vertikalen Relationen des Gegenstandes;

RUEDI die horizontalen; dazu können beide noch ihre KOLONNEN bzw. ZEILEN SUMMEN (d.h. die Felder in der untersten Zeile bzw. der rechten Kolonne) zusammenzählen (zu S16). Sie benutzen die gleiche Sprache, ausser dass HANS zu S16 "KOLONNEN SUMME 4" sagt und RUEDI "ZEILEN SUMME 4"; HANS interessiert sich für S3.

3			
17	18		49

	4		
	6		18
			17
17	18		

HANS : ELEMENT 13?
 RUEDI : UNBEKANNT .
 HANS :!
 RUEDI : ELEMENT 1 1 ?
 HANS : 3 .
 RUEDI :!
 HANS : KOLONNEN SUMME 3 ?
 RUEDI : UNBEKANNT .
 HANS :!
 RUEDI : ZEILEN SUMME 1 ?
 HANS : UNBEKANNT .
 RUEDI :!

3		UNB	
17	18	15	49

3	4		UNB
	6		18
			17
17	18	UNB	

HANS rechnet sich nun die KOLONNEN SUMME 3, nach der er gefragt hat, selbst aus. RUEDI erfährt davon aber nichts und glaubt immer noch, dass HANS sie nicht weiss.

HANS : ELEMENT 23?
 RUEDI : UNBEKANNT .
 HANS : SCHLUSS !
 RUEDI : ZEILEN SUMME 4 ?
 HANS : UNVERSTAENDLICH !

Die Lösung würde für RUEDI nun über S15 führen. Da er aber annimmt, dass HANS dies nicht kennt, gerät er in eine Sackgasse und gibt auf.

Verallgemeinert man dieses Beispiel, dann kann man sagen, dass es generell gefährlich sein kann, implizite Annahmen über den Inferenzprozess beim Partner zu machen. Solche Annahmen können

v.a. zur Folge haben, dass man fälschlicherweise glaubt, der Partner wisse etwas nicht. Das lässt sich verhindern, indem man

R2: Vorstellungen über das Wissen des Partners in entscheidenden Punkten durch explizite Fragen überprüft.

R3: Wissensänderungen dem Partner mitteilt, auch ohne dass er danach fragen muss.

3.3 Unterschiedlichen Sprachverwendungen

Hier können wir zwischen drei verschiedenen Problemen unterscheiden (vgl. auch Ringle & Bruce, 1982): Einmal Probleme, bei denen das Parsen einer Äusserung scheinbar problemlos gelingt, d.h. die beiden Sprachverwendungen lückenlos, aber falsch, ineinander greifen; zum zweiten Probleme, bei denen das Parsen überhaupt nicht gelingt, d.h. bei denen eine Äusserung einfach nicht verstanden wird; und zum dritten Probleme, bei denen das Parsen nur teilweise auf Anhieb möglich ist und darum zusätzliches Vorwissen helfend eingreift.

Im ersten Fall ist typisch, dass an der Oberfläche für keinen der Partner Probleme sichtbar sind. Beide "verstehen" die Äusserungen des anderen mühelos. Durch den doppelten Übertragungsprozess vom internen Modell des einen ins sprachliche Modell und von dort ins interne Modell des anderen, können dabei aber - da diese beiden Prozesse nicht reziprok ablaufen - Teile des Modells, (d.h. hier Zahlen einzelner Felder) an die falsche -Stelle des anderen Modells (d.h. in falsche Felder) geraten. Damit haben wir den wohl trivialsten Fall eines Missverständnisses.

Dass die beiden Partner unterschiedliche Sprachregeln verwenden, kann reiner Zufall sein. Da aber eine Sprachverwendung nur dann als sinnvoll empfunden wird, wenn sie die Struktur des inneren Modells spiegelt, ist anzunehmen, dass unterschiedliche Sprachverwendungen meist ihre Ursache in unterschiedlichen internen Modellen des Gegenstandes haben. Ein Beispiel für diese Situation könnte wie folgt aussehen: HANS kennt die vertikalen Relationen und bezeichnet deshalb die Felder in der vierten Zeile als SUMMEN. RUEDI dagegen weiss nur etwas von den horizontalen Zusammenhängen und SUMMEN sind deshalb bei ihm die Felder der vierten Kolonne.

RUEDI : SUMME 3 (= S12)
HANS : UNBEKANNT .

HANS			
	3	4	
6	7		
5	7	6	18
17	17	UNB	

RUEDI			
	3		
6		5	
	7		UNB
17		15	

RUEDI : !
HANS : ELEMENT 23?
RUEDI : 5 .
HANS : SUMME 3 15 .

	3	4	
6	7		
5	7	6	18
17	17	15	

	3		
6		5	
	7		15
17		15	

Bei seinem Wissensstand ist es für RUEDI nicht möglich, dieses Missverständnis zu entdecken. Und da der Dialog über mehrere Stationen reibungslos abgelaufen ist, besteht für ihn auch kein Grund, etwas zu argwöhnen.

Gelingt das Parsen überhaupt nicht, d.h. verwendet der eine Partner eine sprachliche Formulierung, die der andere einfach nicht versteht, dann kann daraus natürlich auch kein Missverständnis entstehen; es besteht aber ganz offensichtlich ein gravierendes Verständigungsproblem. In diesem Fall ist es den beiden Partnern nicht möglich, ihr Wissen über einen bestimmten Aspekt des Gegenstandes auszutauschen. D.h. die beiden internen Modelle können, zusätzlich zu eventuell sonst noch bestehenden Abweichungen, an dieser Stelle effektiv nicht zum Schnitt gebracht werden. Und wie im Falle unterschiedlicher Modelle vom Gegenstand hängt es nun auch hier davon ab, wie zentral zur Erreichung des Ziels dieser Aspekt des Gegenstandes ist, ob die beiden trotzdem zu einer Lösung kommen. Ein entsprechendes Beispiel haben wir schon im vorangehenden Abschnitt gesehen. Dort sind die beiden u.a. daran gescheitert, dass sie sich nicht über S16 verständigen konnten.

Bauen wir die Simulation in Gedanken etwas aus, dann können wir an jenem Beispiel noch ein weiteres Problem illustrieren. RUEDI könnte sich, bevor er entscheidet, ob er HANS nach der KOLONNEN SUMME 3 fragen will, überlegen, ob dieser prinzipiell imstande ist, diese zu berechnen. Dies in der Absicht, HANS dann nochmals danach zu fragen, wenn er glaubt, dass das möglich ist. Eine solche Überlegung kann zu einem neuen Fehler führen: HANS kann sich überlegen, dass RUEDI zur Berechnung von KOLONNEN SUMME 3 die ZEILEN SUMME 4 kennen muss. Aber offenbar kennt er sie nicht, d.h. er weiss nicht einmal, was das ist, und somit kann er auch KOLONNEN SUMME 3 nicht wissen. In diesem Fall hat HANS aus der Tatsache, dass RUEDI ihm nichts über die KOLONNEN SUMME 4 sagen konnte, geschlossen, dass er diesen Teil des Gegenstandes auch nicht kennt.

Als letzte Möglichkeit bleibt der Fall, wo sich eine Formulierung nur teilweise parsen lässt und der Rest aufgrund irgendwelcher Annahmen erschlossen wird. Auch hier kann es natürlich zu Missverständnissen kommen. Beispiele dafür haben wir schon in verschiedenen Dialogen im Abschnitt 1 gesehen. Der typische Fall ist der, wo HANS RUEDI nach einer "SUMME" fragt. RUEDI fragt zurück, ob "KOLONNEN SUMME" gemeint sei, und HANS verneint. Schliesst nun RUEDI, dass dann nur "ZEILEN SUMME" gemeint sein kann, ist das Missverständnis unter Umständen schon passiert. Ähnlich wie bei den falschen Annahmen über den Inferenzprozess beim Partner entsteht hier das Problem dadurch, dass der eine eine implizite Annahme über die "Struktur" des anderen macht, die sich als falsch erweist. Nur betrifft diese falsche Annahme hier die vom Partner verwendeten Sprachregeln. HANS nimmt an, dass RUEDI SUMME nur im Zusammenhang mit ZEILEN S. bzw. KOLONNEN S.

gebraucht, und so kann er, sobald er sicher ist, dass es das eine nicht ist, schliessen, dass es das andere sein muss.

Genau das gleiche Missverständnis kann in die andere Richtung auftreten. Wenn HANS nur "SUMME" kennt und RUEDI ihn nach der "KOLONNEN SUMME" fragt, dann kann HANS, weil dies so schön auf "SUMME" passt, annehmen, es müsse "SUMME" sein und "überhört" dabei das "KOLONNEN".

Wir können nun versuchen, auch hier die Konsequenzen aus diesen Problemen zu ziehen. Dabei stellen uns die Missverständnisse im ersten oben beschriebenen Fall vor ein spezielles Problem. Hier sind nur Teile des Vorwissens an der Entstehung beteiligt, die wir als unveränderlich festgelegt haben. Entsprechend gibt es auch keine Möglichkeit zu verhindern, dass sie entstehen. Hier bleibt als Konsequenz nur die sehr generelle Taktik, dass man, wenn möglich, das gefundene Resultat am Schluss noch auf einem anderen Weg überprüft.

Ergiebiger sind die beiden anderen Fälle. Missverständnisse, die sich aus falschen Schlüssen ergeben, lassen sich leicht vermeiden,

R4: indem man "nur" erschlossene Information durch Gegenfragen überprüft.

Und der Fehlschluss im hypothetischen Beispiel lässt sich vermeiden,

R5: indem man eine saubere Trennung macht, zwischen dem, was der Partner offenbar nicht weiss, und dem, worüber man mit ihm aus Verständigungsproblemen nicht reden kann.

3.4 Unterschiedliches Vorwissen über mögliche Dialogsequenzen

Das Dialogmodell, über das die beiden Partner verfügen, dient im wesentlichen zwei Zwecken: Einerseits lassen sich daraus Erwartungen ableiten, wie der Partner reagieren wird und daraus ergibt sich eine Kontrolle dafür, ob man richtig verstanden wurde. Andererseits erlauben eben diese Erwartungen, Teile der Dialogsequenzen abzukürzen und wegzulassen. Beide Verwendungen können zu Problemen führen.

In der Simulation wurden bisher Unterschiede im Dialogmodell nicht realisiert. Ihre Auswirkungen lassen sich aber leicht in Gedankenexperimenten veranschaulichen. Das verwendete Dialogmodell sieht vor, dass auf eine Frage sofort eine Antwort (oder höchstens eine Verständnis-Gegenfrage) auf diese Frage folgt. Diese Dialogerwartung ist reziprok zum Inferenzprozess beim Partner, der ja zuerst seinen aktuellen Wissensstand prüft und darüber Auskunft gibt, bevor er versucht, sein Wissen mit eigenen Mitteln zu erweitern. Natürlich wäre auch der umgekehrte Fall denkbar, nämlich dass er die Beantwortung der Frage (sofern er sie nicht direkt beantworten kann) aufschiebt, bis er seine Möglichkeiten ausgeschöpft hat. In solch einem Fall wäre ein Dialogmodell denkbar, in dem auf eine Frage auch eine Gegenfrage inhaltlicher Art folgen kann. Also z.B.

```

RUEDI : SUMME 1 ?
HANS   : TOTAL ?
RUEDI  : 49 .
HANS   : 17 .

```

HANS antwortet nicht sofort auf die Frage, sondern sammelt zuerst Zusatzinformationen, bevor er die gewünschte Auskunft geben kann. (Solche Dialoge können in Alltagssituationen durchaus real auftreten. Z.B. HANS: WANN FAEHRT EIN ZUG NACH BASEL ? , RUEDI: WIE SPAET IST ES DENN ?, HANS 10.30 UHR. RUEDI DANN FAEHRT DER NAECHSTE UM 10.45 UHR.)

Rüsten wir HANS nun mit dem "normalen" Dialogmodell aus und RUEDI mit der abgeänderten Version, dann kann das zu einiger Konfusion führen:

```

HANS      : SUMME 1 ?
RUEDI     : TOTAL ?
HANS      : NEIN !
HANS      : SUMME 1 ?
RUEDI     : UNVERSTAENDLICH !
RUEDI     : TOTAL ?
HANS      : NEIN !
HANS      : SUMME 1 ?
RUEDI     : UNVERSTAENDLICH !
RUEDI     : !
HANS      : !

```

Und beide merken sich, dass der andere offenbar SUMME 1 bzw. TOTAL nicht versteht, was ein Nicht-Verstehen zur Folge haben kann.

Werden aufgrund der Dialogerwartungen Teile von Sätzen ausgelassen, können sich daraus natürlich auch Missverständnisse ergeben. Im Rahmen des beschränkten Simulationsprogramms ist es schwer, dafür einigermaßen interessante Beispiele zu finden. Der triviale Fall ist der, dass der eine Partner die Bezeichnung falsch versteht, eine Antwort gibt, die sich also auf ein falsches Feld bezieht, und der andere das nicht merkt, weil die Bezeichnung bei der Antwort nicht wiederholt wurde:

```

RUEDI : SUMME 1 ?
HANS   : 1 .

```

Die Antwort von HANS enthält natürlich keine absolute Garantie, dass sie wirklich eine Antwort auf die Frage ist. Abgesehen von solch trivialen Beispielen kann man sich aber überlegen, dass jede Kommunikation unter dem Prinzip steht (und stehen muss, da sonst sprachliche Verständigung gar nicht möglich ist), dass die beiden Partner einander nur das mitteilen, wovon sie glauben, dass es dem anderen nicht sowieso schon klar ist. Und das kann natürlich die Quelle für verschiedenste Missverständnisse sein. Interessantere Beispiele lassen sich hier nur in einer wesentlich weiter ausgebauten Simulation finden. Konsequenzen aus den aufgefundenen könnten sein:

- R6:** Unerwartete Reaktionen des Partners im Dialog müssen nicht bedeuten, dass der Partner nicht verstanden hat, sondern können auch darauf zurückzuführen sein, dass der Partner ein anders Dialog-Spiel "spielt".
- R7:** Bei schwieriger Verständigung kann eine Ursache immer darin liegen, dass Dinge nicht explizit gemacht wurden, die explizit sein sollten.

3.5 Unterschiedliches Vorwissen über mögliche Ursachen von "lokalem" Nicht-Verstehen,

Das hier angesprochene Wissen lässt sich in zwei Komponenten aufgliedern: Die erste steuert die Versuche, durch Gegenfragen etc. das "lokale " Nicht-Verstehen zu überwinden; die zweite regelt die Konsequenzen, die sich aus dem Nicht-Verstehen ergeben.

Die erste Komponente ist z.T. bereits durch das abgedeckt, was im Zusammenhang mit dem Dialogmodell gesagt wird. Welche Möglichkeiten jemand hat, um mit "lokalem" Nicht-Verstehen umzugehen, beeinflusst natürlich direkt die möglichen Dialogverläufe. Unterscheiden sich die beiden Partner darin, kennt also z.B. HANS nur die "Gegenfrage" UNVERSTAENDLICH, wogegen RUEDI zu echten Gegenfragen fähig ist, dann wird HANS natürlich von jeder solchen Gegenfrage überrascht. Sinngemäss gilt also auch hier, was zum Dialogmodell gesagt wurde.

Die zweite Komponente kann zu Problemen führen, wenn aus dem Nicht-Verstehen falsche Schlüsse gezogen werden. Soweit das Programm bisher ausgebaut wurde, bestehen keine solchen Möglichkeiten. Es lassen sich aber leicht einige Erweiterungen denken, die solche Probleme beinhalten. Eine Möglichkeit haben wir schon im Beispiel zu den unterschiedlichen Inferenz-Strategien gesehen. Dort schloss RUEDI daraus, dass HANS auf ZEHEN SUMME 4 keine Antwort geben konnte, dass dieser folglich auch nichts über S16 wissen könne. Ein anderes Beispiel liesse sich etwa wie folgt entwickeln: Kennt z.B. HANS den von RUEDI gebrauchten Ausdruck ZEILEN SUMME nicht, dann kann das unter Umständen zu folgendem Dialog führen (stark abgekürzt !):

```
RUEDI : ZEILEN SUMME 1 ?
HANS   : UNVERSTAENDLICH !
RUEDI : ZEILEN SUMME 2?
HANS   : UNVERSTAENDLICH !
RUEDI : ZEILEN SUMME 3 ?
HANS   : UNVERSTAENDLICH !
```

Würden wir nun RUEDI so ausbauen, dass er fähig ist, aus Nicht-Verstehen zweiter Art auf Nicht-Verstehen dritter Art (vgl. Abschnitt 1.3.6) zu schliessen, dann könnte er z.B. .sofort zum Schluss kommen, dass HANS ZEILEN SUMME nicht versteht, und abrechnen. Der Dialog würde um einiges kürzer:

```
RUEDI : ZEILEN SUMME 1 ?
HANS   : UNVERSTAENDLICH !
```

Nehmen wir nun an, dass HANS ZEILEN SUMME sehr wohl versteht, aber anstelle von ZEILEN SUMME 4 (wie RUEDI das bezeichnet) TOTAL sagt, dann führt

```
RUEDI : ZEILEN SUMME 4 ?
HANS   : UNVERSTAENDLICH !
```

RUEDI nun zum Fehlschluss, dass HANS ZEILEN SUMME überhaupt nicht versteht, was unter Umständen zu Nicht-Verstehen führen kann. Solchen Fehlern lässt sich abhelfen,

R8: indem man Schlüsse über das Sprachverständnis des Partners explizit durch Gegenfragen überprüft.

3.6 Unterschiedliches Vorwissen über die mögliche Ziele

Auch hier spielt das Dialogmodell mit hinein, denn dieses schreibt ja vor, welches die angemessenen Reaktionen auf das Verhalten des Partners sind (also z.B. auf eine Frage antworten etc.), d.h. wie die Ziele der beiden Partner reziprok aufeinander zu passen haben. Ebenfalls finden die möglichen Ziele direkt Ausdruck in der Sprachverwendung. Für diese beiden Aspekte gilt sinngemäss, was unter den entsprechenden Vorwissenskategorien gesagt wurde.

Ein etwas anderer Aspekt ergibt sich, wenn der Lehrer beginnt mitzudenken, d.h. sich über die im Moment in Form von Fragen zum Ausdruck kommenden Wünsche des Lernalters hinaus zu überlegen beginnt, was dieser eigentlich will und sucht. Unterscheiden sich dabei die Ziele, die aus der Sicht des Lehrers und des Lernalters möglich sind, dann besteht durchaus die Gefahr, dass der Lehrer zu einer falschen Vorstellung von den Zielen des Lernalters kommt und seine "Erklärungen" in eine Richtung abschweifen, die dem Lerner nichts bringt. Gibt der Lerner dann - ermüdet - auf, haben wir einen Fall von Nicht-Verstehen.

Unterschiede im Wissen über mögliche Ziele ergeben sich z.T. aus Unterschieden im Wissen über den Gegenstand. Der Lehrer kann nur von einem Aspekt des Gegenstandes annehmen, dass dieser Ziel des Lernalers sei, wenn er diesen Aspekt in irgendeiner Form kennt. Z.B.: HANS kennt die vertikalen Relationen, RUEDI die horizontalen. Zudem kennt RUEDI die vierte Zeile nicht:

HANS			
	5	4	16

RUEDI			

HANS : KOLONNEN SUMME 1 ?
 RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
 HANS : ELEMENT 1 1 ?
 RUEDI : UNBEKANNT .
 HANS : !
 RUEDI : ELEMENT 1 2 ?
 HANS : UNBEKANNT
 . etc.

Da RUEDI gar nicht weiss, dass es eine vierte Zeile (mit derselben Relation wie die anderen drei) gibt, kann er das eigentliche Ziel von HANS nicht übernehmen und die beiden enden ohne Lösung.

Probleme dieser Art lassen sich verhindern,

R9: wenn der Lehrer, sobald er eine Vermutung hat, was sein Partner "eigentlich" wissen möchte, diese Vermutung durch eine Frage klärt.

4. Zusammenfassender Überblick über den ersten Teil

An dieser Stelle wollen wir die Analyse der aufgebauten Simulation abbrechen und auch die rein simulationsinterne Interaktion nicht mehr weiterverfolgen.

Der erste Teil hat zwei Dinge gebracht. Einmal eine allgemeine Struktur, wie sie im Abschnitt 2 dargestellt ist, mit der sich Dialoge der hier untersuchten Art grob beschreiben lassen und die es erlaubt, einige Einzelleistungen zu isolieren, die erbracht werden müssen, damit der Dialog zu einem Ziel gelangt. Aufgrund dieser Struktur wird es möglich sein, gezielt weiterzuarbeiten.

Zum zweiten haben wir eine bunte Sammlung von möglichen "Pannen" und Vorschlägen, wie ihnen beizukommen wäre, erarbeitet (eine Zusammenstellung findet sich in Anhang C). Dabei hat sich die Aufteilung der Probleme nach Vorwissenskategorien, durch die sie "verursacht" werden, als interessante Heuristik erwiesen; aber wie auch klar wurde, bedeutet sie eine grosse Vereinfachung der Verhältnisse. Praktisch in keinem der Beispiel wurden die Probleme nur durch eine Vorwissenskomponente verursacht, sondern meistens führte das Zusammentreffen verschiedener Komponenten zum Problem.

Die gesammelten Beispiele und auch die daraus abgeleiteten möglichen Konsequenzen sind von unterschiedlichem Niveau und Allgemeinheitsgrad. Ob und aus welchen sich nützliche Kommunikationsregeln ableiten lassen, lässt sich an dieser Stelle nicht entscheiden, sondern kann erst beantwortet werden, wenn wir reale Dialoge auf das Auftreten genau dieser Probleme hin untersuchen. Auf jeden Fall haftet der Auswahl der Probleme eine gewisse Beliebigkeit an, die es schwer macht, abzuschätzen, wie weit die erfassten Probleme überhaupt die Menge der möglichen und relevanten Probleme abdecken, um diese Frage zu klären, gilt es nun, die Analyse nach diesem mehr intuitiven Aufbau einer Spielwelt konsequenter zu vertiefen. Wie man sieht, ist aber das Spektrum möglicher Probleme sehr gross, so dass sich unmöglich alle innerhalb dieser Arbeit behandeln lassen. Es muss eine weitere Einengung des Problemfeldes vorgenommen werden.

Eine Möglichkeit zur Eingrenzung bietet sich in der Unterscheidung der beiden Zirkel

B: Frage und Verständnisgegenfrage

C: Frage und Wissensgegenfrage

an. In den ersten Zirkel fallen all die Dinge wie "Sprachgebrauch", "Inferenz von Satzteilen aus dem Dialogmodell", "Verständnissicherung durch W- und H-Gegenfragen", etc.. Die damit verbundenen Probleme betreffen meine ursprüngliche Motivation nur am Rande, denn ich bin nicht von der Vorstellung von Problemen, die v.a. durch sprachliche Schwierigkeiten verursacht werden, ausgegangen. Die Probleme, die ich im Auge habe, entstehen mehr durch Schwierigkeiten im Problemlöseprozess, und so werde ich mich im Teil II nur noch auf den Zirkel C beschränken. Das Funktionieren des Zirkels B wird von nun an vorausgesetzt.

Das mag vielleicht etwas überraschen, da gerade der Zirkel B innerhalb des Aufbaus der Simulation einen relativ grossen Raum eingenommen hat. Dass aber sprachliche Verständigungsprobleme hier im Teil I eine grosse Rolle spielen, hängt v.a. damit zusammen, dass es diese Probleme sind, an die wahrscheinlich jedermann zuerst denkt, wenn er von Verständigungsschwierigkeiten hört. Mir ist es jedenfalls so gegangen. Der Ausbau des Zirkels C ist deshalb recht bescheiden ausgefallen, und wenn man das Verhalten des Programms genau analysiert, dann entdeckt man, dass diese simple Form des "mitdenkenden Lehrers" noch lange nicht imstande ist, alle Information zu nutzen, die den beiden Gesprächspartnern zur Verfügung steht (Genauerer dazu wird Teil II bringen). Zu dieser Entdeckung bin ich allerdings erst nach längerem Herumspielen mit dem Programm gelangt (ja tatsächlich sogar erst nach einigen Versuchen mit Mensch-Maschine-Gesprächen); d.h. eine gewisse Fixierung auf sprachliche Probleme hatte mir den Blick auf die Bedeutung der Schwierigkeiten auf der "Problemlöse-Seite" verstellt. Ich möchte vermuten, dass es nicht nur mir so geht, sondern dass man sich im allgemeinen gerade in schwierigen Kommunikationssituationen v.a. der sprachlichen Seite bewusst ist und dagegen weniger der "Problemlöse-Seite". V.a. wäre es gut denkbar, dass sich die echten und hartnäckigen Probleme gerade im Zirkel C finden lassen; ein Grund mehr also, sich auf ihn zu konzentrieren.

TEIL II

VERSTAENDIGUNGSVERSUCHE ZWISCHEN MENSCH UND MASCHINE

1. Eine erste Analyse des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels:
Lösbare Probleme
2. Evaluation des Simulationsprogramms unter den neuen Gesichtspunkten
3. Mensch und Maschine - GAST und M1NC - unterhalten sich
4. Eine zweite Analyse des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels:
Unlösbare Probleme
5. Zusammenfassender Überblick über Teil II

Es geht nun also darum, den Kommunikationszirkel C, d.h. Frage und Wissensgegenfrage, etwas genauer unter die Lupe zu nehmen. Aus dem Teil I wissen wir über ihn bereits, dass er einmal dadurch gekennzeichnet ist, dass der Lehrer eine Frage des Lernalers nicht direkt beantworten kann, sondern zu diesem Zweck seinerseits (nun in vertauschter Rolle) etwas vom Lerner wissen muss. Damit dieser Zirkel überhaupt in Schwung kommt, ist einmal sicher notwendig, dass der Lehrer die nicht beantwortbare Frage bei sich selbst zum Hauptziel eines internen Problemlöseprozesses macht. Und da es eine gewisse Zeit gehen kann, bis dieser Prozess zu einer Lösung gelangt, ist es zweitens notwendig, dass der Lerner seinerseits die gestellte Frage "offenhält", also abwartet, bis der Lehrer ein Resultat gefunden hat.

Soweit ist das Simulationsprogramm ausgebaut. Damit bewältigt es aber offenbar nicht alle Probleme, die dieser Zirkel bietet. Schon in einfachen Beispielen (vgl. Teil I, 3.1) versagt das Programm. Betrachten wir jenes Problem genauer, dann stellen wir fest, dass der entscheidende Punkt an jenem Beispiel wahrscheinlich der ist, dass die Wissensgegenfrage des Lehrers wiederum vom Lerner nicht direkt beantwortet werden konnte. D.h. dass eigentlich im ersten Zirkel ein zweiter (und noch weitere) solcher Zirkel rekursiv eingeschachtelt werden müsste. Da wir solche rekursive Verschachtelung von Zirkeln bisher nicht betrachtet haben (beim Frage-Verständnisgegenfrage-Zirkel habe ich sie ja sogar explizit ausgeschlossen, da es mir unwahrscheinlich schien, dass menschliche Kommunikationspartner ineinander geschachtelte Gegenfragen zu Verständnisgegenfragen stellen), kann das Programm natürlich auch noch nicht damit umgehen.

Wir konnten nun wieder wie im Teil I schrittweise versuchen, das Programm auszubauen, bis es fähig ist, auch damit umzugehen. Mir scheint aber, dass der Ausschnitt innerhalb der ganzen Problematik, auf den wir uns nun beschränken wollen - nämlich der Zirkel C -, eng genug eingegrenzt und klar genug definiert ist, dass es möglich ist, eine generelle logische Analyse der Strukturen dieses Zirkels zu versuchen. Dies wird einen ersten Strang von Überlegungen im Teil II ausmachen.

Probleme, die mit dem Zirkel C verbunden sind, ergeben sich nicht aus sprachlichen Schwierigkeiten, sondern aus dem Problemlöseverhalten der Partner. Im Teil I haben wir dazu schon die "Regeln" R1 bis R4 gesammelt (vgl. Anhang C). Diese stellen einen ersten Hinweis darauf dar, welche Strategien zur Bewältigung der Probleme des Zirkels C notwendig sind. Natürlich sind sie unvollständig und relativ willkürlich ausgewählt, wie bisher unser ganzes Wissen zum Zirkel C. Es gilt deshalb, parallel zur Konkretisierung des Wissens über diesen Zirkel diese rudimentäre Strategie auszubauen und eine Art notwendige Minimalstrategie zu finden.

Die so gewonnen Einsichten lassen sich selbstverständlich wieder im Simulationsprogramm, d.h. im Maschine-Maschine-Gespräch auf ihre Brauchbarkeit testen. Aber einmal stößt bereits das bisherige Programm an die Grenzen dessen, was mit dem kleinen, mir zur Verfügung stehenden Laborcomputer machbar ist. Zum zweiten aber - und das scheint mir entscheidender - besteht bei diesen Dialogen eine gewisse "Inzucht". D.h. jeder der Gesprächspartner muss nur mit Problemen fertig werden, die ein zu ihm völlig symmetrisches Gegenüber verursacht, und das konnte dazu führen, dass manche Probleme gar nie auftreten. Es scheint mir deshalb sinnvoll, nur noch einen Partner zu simulieren und als Gegenüber Menschen einzusetzen. Dabei ist aber darauf zu achten, dass der simulierte Partner beide Rollen, also Lehrer und Lerner, übernehmen kann, da sonst, wie im Vorspann erwähnt, die Gefahr besteht, dass Schwierigkeiten nicht entdeckt werden, da der flexiblere menschliche Partner die Schwächen des Programms kompensiert. Die Einführung menschlicher Partner hat also zuerst einmal die Funktion, das Programm umfassend zu testen, da es gegenüber "unberechenbaren" menschlichen Partnern sicher sehr verschiedenen Problemen ausgesetzt ist. Zum zweiten lassen sich aus dem Verhalten der menschlichen Partner sicher Hinweise auf mögliche

Problemlösestrategien ableiten; d.h. wir können durch die Beobachtung dieses Verhaltens ein Repertoire von Strategien bilden, aus dem sich dann eventuell die minimal notwendige Strategie zur Bewältigung der Probleme des Zirkels C ergibt. Und zum dritten können wir natürlich damit beginnen, Information darüber zu sammeln, wo menschliche Kommunikationspartner Schwierigkeiten haben, d.h. ob z.B. die vier bisher aufgestellten Regeln Regeln sind, die für Menschen nützlich sind.

Die drei Stränge (logische Analyse des Zirkels C, Aufbau einer minimalen Strategie, Einführung menschlicher Partner) waren während der Phase, in der die Teile der Arbeit entstanden sind, die jetzt hier als Teil II erscheinen, so stark ineinander verwoben, dass es unmöglich ist, das hier darzustellen. Als erstes werde ich deshalb nun ein paar Schritte in Richtung auf eine logische Analyse hin machen, ohne dabei darauf einzugehen, wie stark diese Analyse schon von den Erfahrungen mit den später beschriebenen Gesprächen beeinflusst ist, ja wie viele Überlegungen erst durch diese angeregt wurden.

1. Eine erste Analyse des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels

1. Präzisierende Einschränkungen der hier behandelten Probleme
2. Die Lösbarkeit der Probleme ohne zwischengeschaltete Kommunikation
3. Zusammenstellung der getroffenen Einschränkungen
4. Die Lösbarkeit der Probleme mit zwischengeschalteter Kommunikation

1.1 Präzisierende Einschränkungen der hier behandelten Probleme

Die Einschränkung auf den Problemlöse-Aspekt der Situation, wie sie nun getroffen wurde, erlaubt es uns, die ganze Sache unter einem etwas anderen Blickwinkel zu betrachten: Unsere Situation ist dadurch gekennzeichnet, dass Wissen über ein und denselben Gegenstand anfänglich an zwei verschiedenen "Orten" repräsentiert ist und dass dieses Wissen, damit die Dialogpartner ihr Ziel erreichen, an einem Ort kombiniert werden sollte. Aus der Problemlöseperspektive lautet also die zentrale Frage ganz allgemein: Wie lässt sich Wissen aus zwei unterschiedlichen Repräsentationen desselben Gegenstandes zielgerichtet kombinieren? Um diese Frage aber überhaupt beantworten zu können, müssen wir zuerst ein paar präzisierende Einschränkungen vornehmen.

1.1.1 Einschränkung der betrachteten Repräsentationstypen

Die Frage lässt sich kaum für Repräsentationen allgemein beantworten, sondern muss auf bestimmte Typen eingeschränkt werden. Diese Einschränkung hat beim Schreiben des Programms ganz automatisch stattgefunden, da zur Implementation die Wahl einer bestimmten Repräsentation notwendig war. Die Begründung für diese Wahl soll jetzt nachgeholt werden.

Es gibt verschiedene Versuche, Repräsentationen zu klassifizieren. Typischerweise sind sie alle stark von den Zielen abhängig, die der Autor verfolgt (und die sich nicht mit den Zielen dieser Arbeit decken). Minsky (1981) z.B. geht von der Frage aus: Wie muss das Gedächtnis organisiert sein, damit sich altes Wissen auf neue Situationen anwenden lässt? Er gibt folgende Typen von Repräsentationen an:

- a) abstraktes Wissen
- b) "episodisches Wissen" mit einer generellen "match"-Heuristik
- c) Prototypen
- d) Prozeduren

(Zur Illustration: Ein Stuhl würde je nach Repräsentationstyp etwa wie folgt als solcher erkannt: a) aufgrund einer Definition der Form "Ein Stuhl ist ein Möbelstück zum drauf sitzen"; b) aufgrund eines Vergleichs mit allen Gegenständen, die die Person je gesehen hat, und "Gleichsetzen" mit dem, der am ähnlichsten ist; c) aufgrund eines Vergleichs mit dem Bild eines typischen Stuhls etwa im Unterschied zu einem typischen Tisch; d) aufgrund eines Verfahrens der Form: "Beginne ganz unten. Wenn du vier Beine siehst, dann geh etwas hinauf. Wenn du eine Sitzfläche siehst, dann geh noch etwas hinauf. Wenn du dann eine Lehne siehst, dann ist es ein Stuhl".)

Johnson-Laird (1981) dagegen geht von der Frage aus, wie Wissen im Gehirn repräsentiert sein muss, damit sich gewisse Denkfehler verstehen lassen. Er unterscheidet zwischen:

- a) propositionale Repräsentation
- b) "imagery"

("Imagery" enthält gegenüber einer propositionalen Repräsentation viel mehr Details, die aber oft neutrale Analogien sind. So muss z.B. die propositional als Satz "Hans steht hinter Ruedi" gespeicherte Situation in einer "imagery"-Repräsentation dadurch angereichert werden, dass Hans an einen bestimmten Platz hinter Ruedi hingestellt wird - z.B. rechts hinten -, ein Sachverhalt, der nicht direkt gegeben ist).

Keine dieser Fragestellungen deckt sich mit der unsrigen und folglich können wir auch die Typologien nicht direkt übernehmen. In unserem Fall ergibt sich ein Unterscheidungskriterium für Repräsentationen dadurch, dass wir unsere Gesprächspartner mit einer Repräsentation ausstatten müssen, die es ihnen gestattet, ganz bestimmte Dinge zu tun; nämlich:

- a) zu wissen, dass und wo ihnen Wissen fehlt;
- b) Teile ihres Wissens zu kommunizieren.

Beides ist nicht mit jeder beliebigen Repräsentation möglich. Z. B. hat auch ein einfacher Automat, der auf den Einwurf einer Münze hin einen Kaugummi ausspuckt, auf seine Art Wissen über die Umwelt repräsentiert; er "weiss" nämlich, dass von ihm erwartet wird, dass er so handelt. Und solches Wissen lässt sich auch kombinieren. Baut man etwa zwei solche Automaten einfach zusammen, dann "weiss" der kombinierte Automat, dass er einen roten Kaugummi anspucken soll, wenn das Geld in den rechten Münzeinwurf fällt, und einen blauen, wenn es links eingeworfen wird. Innerhalb einer derartigen automatisierten prozeduralen Repräsentation ist aber kein Platz frei für Metawissen darüber, ob das Wissen vollständig ist. Fällt z.B. ein Teil des Wissens aus, indem buchstäblich ein Rädchen aus dem Mechanismus herausfällt, dann "weiss" das der Apparat nicht. Damit er wissen könnte, dass sein Wissen unvollständig ist (d.h. sein Modell von der Umwelt nicht das Modellziel erreicht), müsste er irgendwo repräsentiert haben, dass sein Getriebe z.B. aus genau fünf Rädchen besteht und dass etwas nicht in Ordnung ist, wenn eins davon fehlt. Technisch würde das z.B. machbar, indem im Lager jedes Rädchens ein elektrischer Kontakt angebracht wird, der sich schliesst, wenn das Rädchen herausfällt. Dieser Kontakt könnte dann etwa ein Lämpchen mit der Aufschrift "defekt" aufleuchten lassen. Der Apparat muss also einmal über eine hierarchisch zweistufige Repräsentation verfügen, die auf der oberen Ebene einen gewissen Rahmen festlegt, der Löcher haben kann, und auf der unteren Ebene etwas, das diese Löcher füllt. Und zum zweiten benötigt er einen Mechanismus, der feststellen kann, ob die Löcher leer oder gefüllt sind. Die hier notwendige Repräsentation wäre damit ein "frame" im Sinne Minskys (1975).

Damit unsere Gesprächspartner also überhaupt einen Problemlösedialog initiieren können, indem sie wissen, dass sie etwas nicht wissen, müssen wir sie mit einer Repräsentation, bestehend aus frames, ausstatten. Mit Hilfe einer solchen Repräsentation lässt sich aber auch die zweite Aufgabe, das Stellen und Beantworten von Fragen, lösen. Ausgangspunkt für eine Frage können die Inhalte einzelner slots werden. Der frame, in dem der slot steckt, liefert die Umschreibung der gesuchten Information. Die Antwort besteht aus dem gewünschten slot-Inhalt. Folglich ist es für unser Problem notwendig und hinreichend, wenn wir die Klasse der Repräsentationen auf den Typ der "frame"-Repräsentationen einschränken. Ob und wie sich die Information aus anders gearteten Repräsentationen kombinieren lässt, werden wir nicht betrachten.

Frames können sehr verschiedene Formen annehmen. Wie jedes Modell bildet eine "frame"-Repräsentation den Gegenstand ab als eine Menge von "Dingen", zwischen denen irgendwelche Relationen bestehen können. Typisch ist dabei - wie gesagt -, dass alle Dinge "zweistufig" repräsentiert werden; nämlich einmal als "slot", d.h. als Leerstelle, die durch eine "slot-Füllung" mit einer ganz präzisen Charakteristik gefüllt werden kann, und zum zweiten eben durch die konkrete, im "slot" steckende, "Füllung".

Ein Beispiel:

Modellsystem	: " $a * a + b * b = c * c$; $a = 3$, $b = 4$, $c = ?$ "
Prototyp	: ein rechtwinkliges Dreieck
Slots	: a , b und c
Relationen	: $a * a + b * b = c * c$
slot-Füllungen	: 3 und 4
	'?' steht dafür, dass der slot
	'c' leer ist.

Selbstverständlich können solche Repräsentationen mehrere Ebenen umfassen, indem bestimmte slots als Füllungen ganze Teilrepräsentationen, d.h. ganze frames enthalten, die wieder gleich organisiert sind, etc..

1.1.2 Einschränkung der betrachteten Unterschiede zwischen den konkreten Repräsentationen der beiden Partner

Repräsentationen des "frame"-Typs können sich in drei Punkten unterscheiden, wobei solche Unterschiede jeweils widersprüchlich, bzw. nicht-widersprüchlich, sein können:

I) Unterschiedliche aktuelle Füllungen für identische "slots":

1. kein Widerspruch: der "slot" ist in der Repräsentation A nicht gefüllt und in der Repräsentation B gefüllt, wobei die Füllungen in B mit keiner Information in A im Widerspruch stehen.

(z.B. im Dreiecksbeispiel oben: Rep. A Rep. B
 $a * a + b * b = c * c$ $a * a + b * b = c * c$
 $a = 3, b = 4, c = ?$ $a = ?, b = 4, c = 5$)

2. Widerspruch: der "slot" ist in der Repräsentation A mit einem Inhalt gefüllt, der entweder direkt mit dem Inhalt des gleichen "slots" in Repräsentation B in Widerspruch steht, oder aber, wenn dieser leer ist, sonst nicht zu den Informationen in der Repräsentation B passt.

(z.B. im Dreiecksbeispiel oben: Rep. A Rep. B
 $a * a + b * b = c * c$ $a * a + b * b = c * c$
 $a = 3, b = 4, c = ?$ $a = 2, b = ?, c = 5$)

II) Unterschiedliche Relationen zwischen gleichen "slots":

1. kein Widerspruch: die unterschiedlichen Relationen verunmöglichen nicht, dass die "slots" in beiden Repräsentationen gleich gefüllt sind.

(z.B. im Dreiecksbeispiel oben: Rep. A Rep. B
 $a * a + b * b = c * c$ $a + \sqrt{b} = c$
 $a = 3, b = 4, c = 5$ $a = 3, b = 4, c = 5$)

2. Widerspruch: Aufgrund der unterschiedlichen Relationen ist es nicht möglich, dass die "slots" in beiden Repräsentationen gleich gefüllt sind.

(z.B. im Dreiecksbeispiel oben: Rep. A Rep. B
 $a * a + b * b = c * c$ $a + b = c$
 $a = 3, b = 4, c = ?$ $a = 3, b = 4, c = ?$)

III) Unterschiedliche "slots" (und Relationen).

Im Teil I haben wir nur nicht-widersprüchliche Beispiele betrachtet, und ich möchte diese Einschränkung beibehalten. Wir werden also nur Situationen betrachten, in denen zwischen dem für die Problemlösung relevanten Wissen der beiden Partner keine Widersprüche bestehen.

1.1.3 Einschränkung der betrachteten Problemtypen

Solche Repräsentationen sind selbstverständlich nicht Selbstzweck und auch der Versuch, das Wissen aus zwei Repräsentationen zu kombinieren, entspringt jeweils einem Problem, das gelöst werden soll. Wir wollen davon ausgehen, dass die von uns betrachteten Repräsentationen jeweils das gesamte relevante Wissen darstellen, das dem System, das sie verwendet, bei der Lösung seiner Aufgaben zur Verfügung steht. Aus dieser Annahme folgt, dass wir hier nur Probleme betrachten müssen, die innerhalb der Repräsentation selbst formulierbar sind. Es lassen sich dabei zwei solche Probleme unterscheiden:

1. Das System trifft bei der Erfüllung seiner Aufgabe auf einen "slot", der leer ist, dessen Inhalt aber für die Aufgabe dringend gebraucht wird.
2. Das System entdeckt bei der Erfüllung seiner Aufgabe, dass "slots" widersprüchlich gefüllt sind, d.h. dass die Füllungen von mindestens zwei "slots" nicht mit den zwischen den "slots" bestehenden Relationen zu vereinbaren sind - dass es sich also nicht auf den Inhalt dieser "slots" "verlassen" kann, obwohl sie entscheidend für die Erfüllung der Aufgabe sind.

Wie schon zwischen den Repräsentationen möchte ich mich auch hier auf den nicht-widersprüchlichen Fall beschränken, da dieser der einfachere zu sein scheint. Etwas verkürzt konnte

man also formulieren, dass die hier betrachteten Probleme Probleme sind, bei denen die Füllung eines "slots" gesucht ist. (Z. B. sei im Dreiecksbeispiel " $a * a + b * b = c * c$; $a=3, b=4, c=?$ " die Füllung für "c" gesucht.)

Solche Probleme lassen sich oft innerhalb der Repräsentation erledigen, denn dazu sind diese ja konstruiert (z.B. " $c=5$ " im obigen Fall). Manchmal treten aber nun Probleme auf, bei denen das nicht möglich ist (z.B. im Dreiecksbeispiel " $a*a+b*b=c*c; a=2, b=?, c=?$ " sei die Füllung von "c" gesucht) und dann können andere Repräsentationen beigezogen werden.

Es gibt dabei Fälle, in denen dies problemlos zur Lösung führt

(z.B. Rep. A: " $a*a+b*b=c*c; a=2, b=?, c=?$ "; "c" ist gesucht
Rep. B: " $a=?, q=875, c=5$ "),

und andere, wo die zweite Repräsentation gar nichts bringt

(z.B. Rep. A: " $a*a+b*b=c*c; a=2, b=?, c=?$ "; "c" ist gesucht
Rep. B: " $a=e-f; a=2, e=37, f=35$ ").

Die zentrale Frage lautet nun ganz einfach: Unter welchen Umständen ist ein Problem, das in der primären Repräsentation, in der es entstanden ist, nicht lösbar war, durch Beiziehen einer zweiten Repräsentation lösbar?

Dabei lassen sich nochmals zwei Fälle unterscheiden:

- I Die zweite Repräsentation ist der Person, die das Problem mit der ersten hat, voll zugänglich (wie etwa in den beiden letzten Beispielen beide Repräsentationen dem Leser vollumfänglich zur Verfügung stehen).
- II Die zweite Repräsentation "gehört" einer anderen Person und ist nur über sprachliche Kommunikation mit dieser zweiten Person zugänglich.

Untersucht man für zwei Repräsentationen beide Fälle, dann ist klar, dass die Lösbarkeit des Problems im ersten Fall die logische Voraussetzung für die Lösbarkeit im zweiten Fall darstellt.

1.1.4 Einschränkung der betrachteten Problemlöseprozesse

Ob das Problem jeweils lösbar ist, hängt nicht nur vom Problem selbst, sondern auch von den verwendeten Problemlösestrategien ab. Eine

Strategie, die bei den hier betrachteten Problemen im Fall I immer zu einer Lösung führt, sofern das Problem überhaupt in endlich vielen Schritten lösbar ist, ist eine einfache Suchstrategie. D.h. eine Problemlösestrategie die vom zu füllenden "slot" ausgeht und sich entlang der bekannten Relationen ausbreitet, bis entweder eine Information gefunden wird, die dann zur Lösung führt, oder bis alle Relationen erschöpft sind, ohne dass eine geeignete Information gefunden wurde.

(z.B. Rep.: " $a*a+b*b=c*c; a=3, b=?, c=5$ "
1. Schritt: gesucht ist "b"
2. Schritt: $b * b = c * c - a * a$
3. Schritt: gesucht sind "c" und "a"
4. Schritt: $a=3$
5. Schritt: $c=5$
6. Schritt: $b*b=5*5-3*3$
7. Schritt: $b=4$)

Wenn auch so alle prinzipiell lösbaren Probleme unseres Typs tatsächlich gelöst werden können, so ist doch oft der "Suchraum" zu gross, als dass es praktisch durchführbar wäre, alle möglichen "Äste" des "Suchbaums" zu probieren, bis einer zum Erfolg führt. Praktisch wird man deshalb immer Heuristiken verwenden, aufgrund derer sich abschätzen lässt, welche "Äste" wahrscheinlicher zu einer Lösung führen als andere. Solche Heuristiken müssen auch Angaben darüber enthalten, wann ein Suchprozess abgebrochen werden sollte, obwohl das Problem weder gelöst wurde, noch seine Unlösbarkeit bewiesen ist. Entsprechend können Probleme, die prinzipiell lösbar sind, praktisch unlösbar sein, da der Aufwand dazu zu gross ist.

Da ich mich hier einmal vor allem für den Fall I für die prinzipielle Lösbarkeit der Probleme interessiere und da der ungerichtete, vollständige Suchprozess einfacher zu behandeln scheint, werde ich im folgenden nur Problemlöseprozesse betrachten, die sich als ungerichtete Suchprozesse beschreiben lassen - und entsprechend nur Probleme behandeln, die so auch praktisch lösbar sind.

Unter diesen Umständen ist ein Problem genau dann in der primären Repräsentation nicht lösbar (und verlangt den Zuzug einer zweiten), wenn der Suchprozess auf allen alternativ möglichen Lösungswegen nicht genug Information zusammenträgt.

1.2 Die Lösbarkeit der Probleme ohne zwischengeschaltete Kommunikation

Im Prinzip lässt sich die Frage nach der Lösbarkeit der von uns betrachteten Probleme ganz einfach beantworten. Die beiden betrachteten Repräsentationen lassen sich ohne weiteres zu einer einzigen vereinigen, indem man jeweils die Vereinigung der Mengen der "slots" (plus Füllungen) und der Mengen der Relationen bildet (da wir Widerspruchsfreiheit voraussetzen, bildet das kein Problem). Und das Problem ist nun genau dann lösbar, wenn der Suchprozess auf dieser neuen Repräsentation erfolgreich ist.

Vor allem in Hinblick auf den Fall mit zwischengeschalteter Kommunikation scheint es aber sinnvoll, den Beitrag, den die zweite Repräsentation an die Lösung des Problems leistet, etwas genauer zu betrachten.

Normalerweise ist es nicht einfach eine ganz bestimmte Menge von Zusatzinformationen, die zur Lösung des Problems von der zweiten in die primäre Repräsentation eingehen muss, sondern es sind verschiedene alternative Mengen von Zusatzinformationen gleich erfolgreich. Die einfachste dieser Mengen ist immer die Füllung des Ziel-"slots" selbst. Und sofern der "Suchbaum" in der primären Repräsentation überhaupt "Äste" besitzt, d.h. sofern sich überhaupt Subziele zum Hauptziel ableiten lassen, existiert dann mindestens eine zweite Menge von "slot-Füllungen", die, wenn von der zweiten Repräsentation geliefert, das Problem lösen. Allgemein kann man sagen, dass für jedes in der primären Repräsentation nicht lösbare Problem immer in dieser Repräsentation eine nicht leere Klasse von nicht leeren Mengen von leeren "slots" existiert, derart, dass das Problem dadurch gelöst werden kann, dass alle "slots" einer dieser Mengen gefüllt werden. Dabei kommen nun zwei Möglichkeiten in Frage, wie sich diese "slots" füllen lassen:

1. die Füllung kann direkt der zweiten Repräsentation entnommen werden.
2. die zweite Repräsentation liefert zusätzliche Relationen/"frames" und eventuell neue "slots" samt Inhalt.

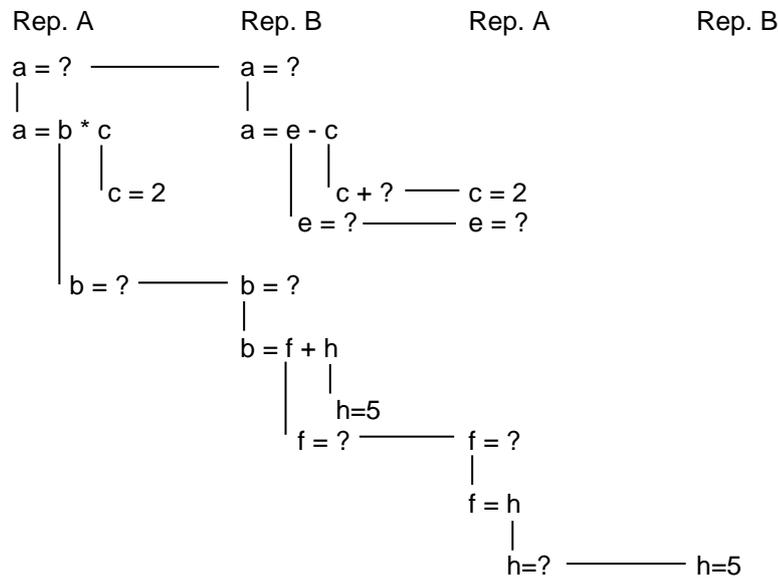
Bei der ersten Variante ist es notwendig, dass sich in der zweiten Repräsentation ein identischer "slot" befindet und dass dieser "slot" gefüllt ist. Der Inhalt dieses "slots" wird dann einfach in die erste Repräsentation übertragen.

Auch im zweiten Fall muss in der zweiten Repräsentation ein "slot" sein, der identisch ist, mit dem "slot", den es zu füllen gilt. Und dieser identische "slot" muss in der zusätzlichen Relation/"frame" eingebettet sein, damit diese überhaupt von Interesse ist. Es gibt dann wieder zwei Möglichkeiten, die Zusatzinformation, die in der zweiten Repräsentation gegeben ist, in die erste zu übertragen. Entweder wird die zusätzliche Relation in die erste Repräsentation übernommen und hilft dort, den "slot" zu füllen. Oder dann benutzt man die zweite Repräsentation, um den "slot" zu füllen, und überträgt dann nur die Füllung. Die beiden Varianten sind selbstverständlich, wenn beide Repräsentationen der gleichen Person zugänglich sind, gleichwertig. Spielt sich aber die Informationsübertragung zwischen zwei Personen ab, dann muss bei der zweiten Variante nur über einen "slot" gesprochen werden, bei der ersten hingegen über den "slot" (als Frage, damit der Partner überhaupt weiss, welche Relationen von Interesse sind) und die Relation, den "frame".

Da die beiden Varianten gleichwertig sind, bedeutet das, dass es nie notwendig ist, wenn im Zuge der Problemlösung ein bestimmter "slot" gefüllt werden sollte, über die Relationen zu "kommunizieren", die es in der einen oder anderen Repräsentation ermöglichen, diesen "slot" zu füllen. Es genügt immer vollständig, wenn der eine Partner dem anderen mitteilt, welchen "slot" er gerne gefüllt hätte, und der andere das für ihn zu tun versucht. Man kann sich also die Lösung des Problems als einen Suchprozess durch die beiden Repräsentationen vorstellen, der bei jedem leeren "slot" prüft, ob neben den "repräsentationsinternen" Relationen nicht auch noch eine Identitätsrelation zu finden ist, die zum "gleichen" "slot" in die andere Repräsentation hinüberführt.

Ein Beispiel, wie so ein Prozess aussehen könnte, zeigt Figur 9. Hauptziel ist hier "a". Als Subziele ergeben sich "b" und "c". Da "b" auch nicht bekannt ist, ist das Problem in der primären Repräsentation nicht zu lösen. Mögliche Mengen von "slots", die an dieser Stelle gefüllt zu einer Lösung führen wurden, sind (a) und (b). Zu beiden findet sich ein identischer "slot" in der zweiten Repräsentation. Und ausgehend von diesen wiederholt sich der ganze Prozess, wobei er über "b" zu einem Ziel führt, über "a" hingegen in eine Sackgasse.

Wie sich sofort zeigt, ist die Rolle der beiden Repräsentationen (abgesehen vom Hauptziel) in diesem Prozess völlig symmetrisch und entsprechend stehen hier im Text "die erste" bzw. "die zweite Repräsentation" synonym für "die eine" bzw. "die andere Repräsentation".

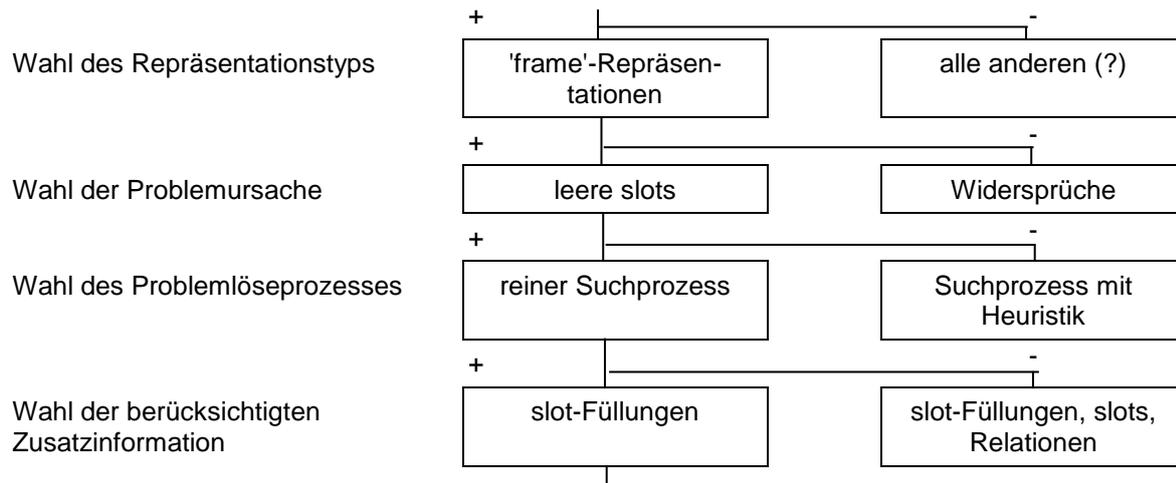


Figur 9: Beispiel eines Suchprozesses

Um es nochmals zusammenzufassen: Probleme der hier betrachteten Art sind prinzipiell lösbar, wenn der Suchprozess in der Repräsentation, die sich aus der Vereinigung der Repräsentationen ergibt, erfolgreich ist. Dabei genügt es, anstelle der Vereinigungsbildung die beiden Repräsentationen durch die Identitätsrelation zwischen entsprechenden "slots" aneinander zuhängen. Betrachtet man das Problem, wenn die beiden Repräsentationen auf zwei Partner verteilt sind, dann heißt das, dass es genügt, wenn sich die beiden Partner über die Inhalte von "slots" unterhalten können. Ich werde deshalb im folgenden nur "slot-Füllung" als Information, die zwischen den beiden Partnern ausgetauscht werden kann, zulassen, da dadurch die Situation nochmals vereinfacht werden kann, ohne dass die Klasse der betrachteten Probleme eingeschränkt werden muss.

1.3 Zusammenstellung der getroffenen Einschränkungen

Bevor wir nun zur Betrachtung des Problems mit zwischengeschalteter Kommunikation gehen, scheint es sinnvoll, einmal alle getroffenen Einschränkungen zusammenzustellen, damit wir uns auch klar sind, mit welchem Ausschnitt aller möglichen Probleme wir uns hier beschäftigen. Figur 10 zeigt die getroffenen Entscheidungen in Form eines Entscheidungsbaums.



Figur 10: Die getroffenen Einschränkungen der Problemklasse

Wieweit sich diese getroffenen Einschränkungen allenfalls wieder lockern lassen, bzw. wieweit sie gelockert werden müssen, weil sie interessante Probleme ausschließen, wird sich später zeigen.

1.4 Die Lösbarkeit der Probleme mit zwischengeschalteter Kommunikation

1. Die Sprache
2. Gesprächsstrategie

Sind die beiden Repräsentationen nun auf zwei Personen verteilt, so muss zwischen diesen ein Gespräch stattfinden. D.h. es kommen nun noch zusätzliche Schwierigkeiten sprachlicher Natur ins Spiel, so dass Probleme, die "im Prinzip" lösbar sind, trotzdem unlösbar bleiben können. Es gilt also herauszufinden, unter welchen Bedingungen "sprachlicher" Natur unsere Probleme lösbar sind; und da es sicher verschiedenste solche Bedingungen gibt, scheint es sinnvoll, auf die Suche nach einer "minimalen" Sprache zu gehen, d.h. nach einer Sprache, in der es gerade noch möglich ist, unsere Probleme zu lösen.

1.4.1 Die Sprache

Der zentrale Punkt, über den sich zwei Gesprächspartner bei der Lösung unserer Art von Problemen unterhalten müssen, sind die Inhalte von "slots" (da dies ja die einzige Information ist, die wir zulassen wollen). Und zwar muss es sowohl möglich sein, Fragen über "slot-Füllungen" zu stellen (expandierender Suchprozess), als auch Aussagen darüber zu machen (Informationsweitergabe).

Da Frage und Antwort aber nicht einfach im luftleeren Raum funktionieren, sondern nur innerhalb eines von beiden Partnern geteilten Sprachspiels Bedeutung haben, muss die Sprache Regeln über die Form (und Bedeutung) von möglichen Kommunikationsabläufen beinhalten. Und im Rahmen dieser Regeln muss die Möglichkeit bestehen, über bestimmte alternative Entwicklungen des Dialogs zu kommunizieren.

Und zum dritten muss - wenn wir davon ausgehen, dass nicht jeder Partner alle "slots" des anderen Partners auch in seiner Repräsentation hat - die Möglichkeit bestehen, mitzuteilen, dass man einen "slot" nicht kennt, dass also eine bestimmte Frage nicht beantwortbar ist. Daraus ergibt sich eine Sprache, die folgende Komponenten enthält:

SI: Aussagen: Aussagen bestehen aus der Angabe eines "slots" aus der eigenen Repräsentation und dessen Inhalt. Der Inhalt kann entweder eine aktuelle "slot-Füllung" sein oder dann die Angabe, dass der "slot" zur Zeit leer ist.

SII: Fragen: Fragen bestehen aus der Angabe eines "slots" aus der eigenen Repräsentation verbunden mit der Aufforderung, den Inhalt dieses "slots" mitzuteilen.

SIII: "Existenz"-Aussagen:

Jede einfache Aussage und jede Frage ist eine implizite "Existenz"-Aussage mit dem Inhalt, dass der bezeichnete "slot" in der eigenen Repräsentation vorhanden ist.

"Unverständlich" ist eine explizite "Existenz"-Aussage und bedeutet, dass der in einer Frage bezeichnete "slot" dem Befragten nicht bekannt ist.

SIV: Dialogkonventionen:

- Auf eine Frage folgt entweder eine Aussage (=Antwort) oder "unverständlich" (= "die Frage ist nicht beantwortbar")
- Auf eine Aussage erfolgt entweder ein Angebot an den Partner, dass dieser die Initiative übernehmen kann (eventuell gekoppelt mit der Aussage, dass auf der eigenen Seite keine Fragen mehr vorhanden sind und somit das Gespräch beendet werden kann), oder eine Frage bzw. Aussage»
- Auf eine Aufforderung, die Initiative zu übernehmen, sowie auf "unverständlich" als Antwort folgt entweder eine Frage oder eine Aussage oder eine Aufforderung die Initiative zu übernehmen.

Geht man davon aus, dass beide Partner das gleiche Vokabular benutzen, d.h. dieselben Bezeichnungen für identische "slots" und Füllungen verwenden, dann ist mit diesen Regeln eine minimale Sprache zur Lösung unseres Typs von Problemen geschaffen. Die Sprache ist insofern minimal, als dass sie gar keine Unterhaltungen über andere Dinge als "slot-Füllungen" zulässt. Sie ist aber zum zweiten auch ausreichend, um genau diese zulässige Information weiterzugeben.

1.4.2 Gesprächsstrategie

Die Tatsache, dass die beiden Repräsentationen auf zwei Personen verteilt sind, ändert natürlich nichts daran, dass die Lösung des Problems als Suchprozess organisiert werden kann. Nur benötigen wir nun eine explizite Strategie zur Interaktion der beiden Partner. Wie der Suchprozess im Detail aussieht, spielt prinzipiell keine Rolle, entscheidend ist nur, dass die Verbindung an den Stellen, an denen der Prozess von der einen Repräsentation zur anderen übergeht, gesichert ist. Dazu ist zweierlei notwendig: Erstens muss jeder Partner bei jedem "slot" als mögliche Relation zu den in seiner Repräsentation vorhandenen Relationen auch die Frage als Identitätsrelation zu einem "slot" der anderen Repräsentation in Betracht ziehen. D.h. ein Ast des Suchbaums kann nur dann als totes Ende betrachtet werden, wenn auch alle zu diesem Ast gehörenden Fragen gestellt wurden.

Und zweitens muss jeder Partner jede Frage aufgreifen und (sofern er sie nicht direkt beantworten kann) vom "slot" aus, auf den die Frage zielt, einen neuen Suchprozess starten, der dann früher oder später als definitive Antwort eine "slot-Füllung" oder die Angabe, dass hier keine Information zu holen ist, liefert.

Allerdings benötigen verschiedene Arten von Suchprozessen eine unterschiedlich komplexe Organisation. Z. B. muss es bei einem "depth-first" Prozess (wie ihn etwa der interne Modellbauer verfolgt) möglich sein, "tote" Äste des Suchbaums ("Sackgassen") zu verlassen und an der Stelle weiterzufahren, an der dieser Ast abgezweigt ist. Dieses "back-tracking" bedingt, dass der Suchprozess nicht nur Resultate, sondern auch Informationen über "Sackgassen" zurückmelden kann. Entsprechend müsste diese Information auch sprachlich ausdrückbar sein. Ebenfalls ist es bei einem "depth-first" Prozess unbedingt notwendig, dass Schleifen erkannt werden, d.h. das erkannt wird, wenn ein slot zum eigenen Subziel wird (vgl. den entsprechenden Test beim internen Modellbauer). Dazu muss der Suchprozess einige Information über die Vorgeschichte jedes Knotens mitführen, die natürlich ebenfalls sprachlich übermittelt werden müsste.

Wesentlich einfacher sind die Verhältnisse bei einem "breadth-first" Prozess. Hier werden alle Äste des Suchbaums gleichzeitig weiterentwickelt. So ist ein "back-tracking" prinzipiell unnötig. Und auch Schleifen (d.h. wenn der Baum gar kein echter Baum mehr ist) können den Prozess zwar verlangsamen, aber nicht vollständig blockieren. Hier müssen also keine weitreichenden Informationen über den Suchprozess weitergegeben werden. Und entsprechend genügt die minimale Sprache, wie sie oben beschrieben ist, wirklich zur Problemlösung. Damit wir bei dieser Sprache bleiben können, , setzen wir also als Gesprächsstrategie einen "breadth-first" Prozess ein.

Aufgrund dessen, was wir zusammengetragen haben, lässt sich nun angeben, unter welchen Umständen Probleme mit zwischengeschalteter Kommunikation lösbar sind. Es gelten folgende drei Bedingungen:

1. Das Problem muss ohne zwischengeschaltete Kommunikation lösbar sein.
2. Die beiden Partner müssen über eine Sprache verfügen, die mindestens die oben aufgeführten Möglichkeiten enthält, und ihr Vokabular muss für mindestens alle "Übergänge" eines zum Ziel führenden Arms des Suchbaums identisch sein. (D.h. sie müssen sich nicht notwendigerweise

Über alle "slots", die sie gemeinsam besitzen, verständigen können, sondern nur über die hier definierte minimale Menge.)

3. Die beiden Partner müssen sich so organisieren, dass

- jeder bei jedem leeren "slot" auch die Möglichkeit einer Frage berücksichtigt (im Prinzip natürlich nur notwendigerweise alle Fragen, die auf einem zum Ziel führenden Lösungsweg liegen).

- jeder jede an ihn gerichtete Frage als Anlass zu einem weiteren Teilsuchprozess nimmt (im Prinzip natürlich auch nur die "zielführenden" Fragen).

- die Suche durch den Problemraum als "breadth-first" Prozess ablaufen muss.

Unter diesen drei Bedingungen sind alle Probleme des hier betrachteten Typs lösbar.

Soweit eine erste Analyse des Zirkels C. Sie beschränkt sich auf lösbare Probleme. Wie wir sehen werden, bieten unlösbare Probleme zusätzliche Schwierigkeiten, auf die ich v.a. in Abschnitt 4 eingehen werde.

2. Evaluation des Simulationsprogramms unter den neuen Gesichtspunkten

Aufgrund der nun gewonnenen Erkenntnisse können wir das im ersten Teil erstellte Programm neu betrachten und v.a. die dort intuitiv formulierten Regeln zur Behebung von Kommunikationsproblemen besser fundieren.

Alle im zweiten Teil explizit gemachten Einschränkungen der betrachteten Menge von Problemen wurden beim Aufbau des Simulationsprogramms implizit im gleichen Sinn gemacht. D.h. das Programm verwendet eine "frame"-Repräsentation, Ausgangspunkt für Probleme sind immer leere "slots", der Suchprozess verwendet keine elaborierten Heuristiken und die einzige Information, die weitergegeben wird, sind die Inhalte von "slots".

Allerdings ist weder die Sprache noch der Lösungsprozess (= "interner Modellbauer") optimal auf die gewählte Problemklasse abgestimmt (daher auch die in Teil I entdeckten Schwierigkeiten).

Die Sprache ist zu reich, da wir für den Zirkel C die Möglichkeit Verständnis-Gegenfragen zu stellen nicht benötigen. Verständnis-Gegenfragen werden eigentlich erst dann relevant, wenn die beiden Partner nicht von Anfang an über das minimale identische Vokabular verfügen, sondern dies erst im Verlauf des Gesprächs schaffen müssen. Schränkt man sich nicht nur auf den einfachsten Fall ein, bei dem beide Partner zu Beginn des Gesprächs für die einzelnen "slots" mehrere Synonyme kennen und nur abklären müssen, welches vom Partner verstanden wird, dann übersteigt diese Art von sprachlichem Problem unseren Problemtyp. Denn das Schaffen eines gemeinsamen Vokabulars setzt voraus, dass nicht nur über "slot-Füllungen" kommuniziert werden kann, sondern auch über Relationen zwischen den "slots". Selbstverständlich wirkt sich aber diese zu reiche Sprache nicht negativ aus.

Der "interne Modellbauer" muss hingegen um einiges aufgewertet werden, damit er wirklich imstande ist, alle anfallenden Probleme zu lösen.

Erstens einmal müssen wir ihn so ausbauen, dass er nicht nur eine (d.h. die erste) Frage des Partners aufnimmt, sondern jede, und ausgehend von jeder dieser Fragen einen neuen Suchprozess startet. Dafür muss der interne Modellbauer dazu übergehen, für jede Frage des Partners eine eigene, unabhängige Zielliste zu führen, die er als separates Problem betrachtet. Diese Erweiterung gilt selbstverständlich für Lehrer und Lerner, da die beiden Partner, abgesehen vom Hauptziel, genauso wenig zu unterscheiden sind, wie oben die "erste" und die "zweite" Repräsentation. Gelingt es einem der beiden eine dieser Ziellisten aufzuarbeiten, dann kann er sein Resultat wie bisher (vgl. "der Lehrer denkt mit") dem Partner mitteilen.

Diese Mitteilung stellt weiter kein Problem dar, wenn es sich um ein positives Resultat, d.h. eine Zahl handelt. Erweist sich aber eine Frage als unbeantwortbar (d.h. wird das oberste Ziel der durch die Frage ausgelösten Liste zur Sackgasse), besteht keine sprachliche Möglichkeit, das mitzuteilen. Bisher beendete der Lehrer an dieser Stelle einfach das Gespräch mit "SCHLUSS". Dies konnte er tun, da er nur eine Frage übernommen hatte. Da aber nun mehrere Fragen gleichzeitig offen sein können, ist das nicht mehr möglich. Im Prinzip könnte er einfach schweigen, da die Information über Sackgassen bei einem "breadth-first" Prozess nicht von Bedeutung ist. Es wäre aber schade, die Möglichkeit solch negativer Rückmeldungen, die durch das bestehende "back-tracking" des internen

Modellbauers gegeben ist, nicht zu nutzen, und deshalb wollen wir hier eine kleine Spracherweiterung vornehmen, die eigentlich nicht notwendig wäre. Erweist sich eine Frage als unbeantwortbar, dann soll das von nun an mit dem internen Symbol für Sackgasse "SACKGASSE" mitgeteilt werden. Also etwa "ELEMENT 2 2 SACKGASSE .".

Zum zweiten ist es natürlich völlig ungenügend, wenn die einzige Massnahme, die der Lerner trifft, um auf das "Mitdenken" des Lehrers einzugehen, darin besteht, dass er sein Hauptziel nicht löscht, bis der Lehrer das Gespräch mit "SCHLUSS" beendet (vgl. "der Lerner wartet auf die Einsicht des Lehrers"). Denn da jede Frage aufgegriffen wird, muss er (bzw. müssen beide Partner gegenseitig) auf die definitive Antwort auf jede Frage warten. D.h. "UNBEKANNT" als Antwort darf nicht mehr dazu führen, dass der entsprechende Ast des Suchbaums als "Sackgasse" eingezogen wird, sondern erst ein positives Resultat (eine Zahl) oder ein definitiv negatives Resultat ("SACKGASSE") erlaubt dies. Solange also noch keine solche definitive Antwort eingetroffen ist, muss das betreffende Subziel als unerledigt offen bleiben. Wir wollen den internen Modellbauer zudem so ausstatten, dass er periodisch auf solch hängende Fragen zurückkommt.

Und zum dritten ist zu bemerken, dass unsere Gesprächspartner bisher eine "depth-first" Strategie verwendeten. Der interne Modellbauer war explizit so konstruiert und das Dialogmodell, das verlangte, dass nach jeder beantworteten Frage der Partner das Wort erhält, d.h. die Rollen von Lehrer und Lerner wechselten, synchronisierte die beiden Partner entsprechend. Wollen wir jetzt aber einen "breadth-first" Prozess einführen, müssen wir den internen Modellbauer entsprechend ändern. Er wird so umgebaut, dass er alle Knoten, die auf demselben Niveau eines Suchbaums liegen, zuerst abfragt, bevor er sie expandiert und das gleiche wiederholt. Das Dialogmodell ist entsprechend so abzuändern, dass der eine Partner die Initiative erst dann übergibt, wenn er alle Fragen eines Niveaus gestellt hat.

Mit diesen Erweiterungen sind gleichzeitig die im Teil I formulierten Regeln R1 bis R4 im Simulationsprogramm verwirklicht. Diese Regeln sichern nämlich effektiv genau die notwendige Kooperation zwischen den beiden Partnern.

- Regel R1 verlangt, dass jede Frage aufgegriffen wird. Diese Forderung muss unbedingt erfüllt sein, damit der Suchprozess effektiv von einer Repräsentation auf die andere übergreift. (Sie ist dadurch verwirklicht, dass der "interne Modellbauer" für jede Frage eine neue Zielliste aufbaut.)

- Regel R2 verlangt, dass jeder einmal in Angriff genommene Suchbaum zu ende geführt wird. Diese Regel ist sinnvoll, da wir unsere Probleme auf Fälle begrenzt haben, in denen ein vollständiger Suchprozess möglich ist. Und nur ihre Befolgung gestattet die vollständige Ausnutzung des vorhandenen Wissens. (Sie ist dadurch verwirklicht, dass der "interne Modellbauer" aus jedem Ziel auf der Zielliste Subziele ableitet, bis es erreicht oder als Sackgasse gestrichen ist.)

- Regel R3 verlangt, dass kein Partner voreilig seine Vorstellung über das Wissen des anderen zementieren soll. Das trägt der Tatsache Rechnung, dass es manchmal recht lange gehen kann, bis dieser wirklich definitiv weiss, ob er eine Frage beantworten kann. Die nun mögliche sprachliche Unterscheidung zwischen "momentan unbekannt" ("UNBEKANNT") und "definitiv unbekannt" ("SACKGASSE") hilft hier vorbeugen. (Die Regel ist dadurch verwirklicht, dass der "interne Modellbauer" auf Fragen, die mit "UNBEKANNT" beantwortet wurden, immer wieder zurückkommt.)

- Regel R4 verlangt, dass Wissensänderungen mitgeteilt werden. Auch hier wird der manchmal langen Spanne zwischen Frage und definitiver Antwort Rechnung getragen. (Sie ist dadurch verwirklicht, dass der "interne Modellbauer" bei jedem erreichten oder gestrichenen Ziel sein Resultat mitteilt.)

Die Regeln R3 und R4 sind etwas redundant. Im Grunde genommen genügt es, wenn entweder beide Partner eine dieser beiden Regeln befolgen (beide R3 oder beide R4) oder wenn ein Partner allein beide Regeln anwendet. Dadurch, dass nun beide Regeln implementiert sind, wird das Programm fähig, effizient auch mit einem Partner zu kommunizieren, der sich weder an die eine, noch die andere Regel hält.

Damit sollte das Programm imstande sein, alle Probleme unseres speziellen Typs zu lösen. Zur Illustration folgt das Protokoll einer relativ komplexen Aufgabe.

Das Ausgangswissen der beiden Partner ist in den folgenden Zahlenquadraten festgehalten. Beide benutzen das identische Vokabular und sprechen nur von ELEMENTEN.

HANS

			5
3			
	1		

RUEDI

	4	2	
	4		
			7
8		3	2

Die beiden kennen folgende Relationen

HANS

$$(2,4)=(1,1)+(1,4)+(4,3)$$

$$(3,1)=(1,4)+(4,1)+(4,2)$$

$$(3,2)=(3,3)-K3,4)+(4,2)$$

RUEDI

$$(2,3)=(2,4)+(3,2)+(4,4)$$

$$(1,1)=(1,2)+(1,3)+(2,1)$$

$$(3,3)=(2,2)+(3,1)+(4,1)$$

(Es bedeutet z.B. (2,4) das vierte Feld in der zweiten Zeile. Die hier verwendeten Relationen sprengen den Rahmen des ursprünglich vorgesehenen Gegenstandes. Durch die Einführung solch "beliebiger" Relationen wird es möglich, interessantere Beispiele zu kreieren.)

RUEDI interessiert sich für des ELEMENT 2 3. Der ganze Prozess, der sich ausgehend von dieser Frage ergibt, lässt sich am besten anhand von Figur 11 verfolgen (am Ende dieses Dialogs).

RUEDI : ELEMENT 23?
HANS : UNBEKANNT .

			5
3		FRA	
	1		

	4	2	
	4	UNB	
			7
8		3	2

HANS merkt sich, dass RUEDI ihn (2,3) gefragt hat (FRA), und RUEDI merkt sich, dass er auf diese Frage noch keine definitive Antwort erhalten hat (UNB).

RUEDI : ELEMENT 2 3
HANS : SACKGASSE .
RUEDI : ELEMENT 2 4 ?
HANS : UNBEKANNT .
RUEDI : ELEMENT 3 2 ?
HANS : UNBEKANNT .

			5
3		SAC	FRA
	FRA		
	1		

	4	2	
	4	NA	UNB
	UNB		7
8		3	2

HANS findet heraus, dass er bei (2,3) mangels Relationen keine Auskunft geben kann. Er merkt sich das (SAC) und teilt es RUEDI mit. Dieser trägt sich diese negative Antwort ein (NA) RUEDI stellt dann die beiden Fragen des nächsten Niveaus. Anschliessend übergibt er die Initiative an HANS.

RUEDI :!
HANS : ELEMENT 1 1 ?
RUEDI : UNBEKANNT .
HANS : ELEMENT 4 3 ?
RUEDI : 3.
HANS : ELEMENT 3 3 ?
RUEDI : UNBEKANNT .
HANS : ELEMENT 3 4 ?
RUEDI : 7 .
HANS : !

UNB			5
3		SAC	FRA
	FRA	UNB	7
	1	3	

FRA	4	2	
	4	NA	UNB
	UNB	FRA	7
8		3	2

HANS hat nun alle Fragen seines nächsten Niveaus gestellt. Bei beiden Partnern sind immer komplementär die noch unbeantworteten bzw. noch zu beantwortenden Fragen eingetragen.

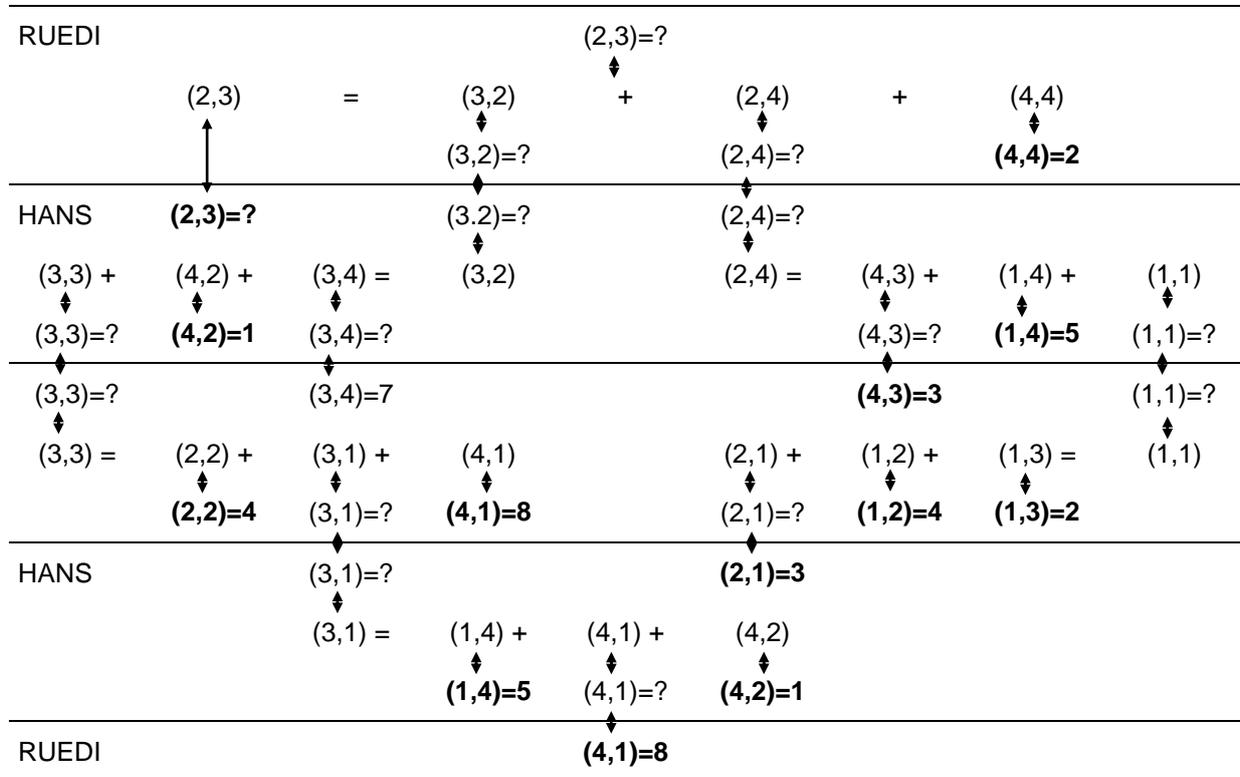
RUEDI : ELEMENT 2 1 ?
HANS : 3 .
RUEDI : ELEMENT 1 1 9 .
HANS : !
RUEDI : ELEMENT 3 1 ?
HANS : UNBEKANNT .
RUEDI : !
HANS : ELEMENT 2 4 17 .
RUEDI : !
HANS : ELEMENT 4 1 ?
RUEDI : 8 .

9			5
3		SAC	17
FRA	FRA	UNB	7
8	1	3	

9	4	2	
3	4	NA	17
UNB	UNB	FRA	7
8		3	2

HANS : ELEMENT 3 1 14 .
RUEDI : !
HANS : !
RUEDI : ELEMENT 3 3 26 .
HANS : !
RUEDI : !
HANS : ELEMENT 3 2 34 .

RUEDI :!
 HANS :!
 RUEDI : ELEMENT 2 3 53 .
 HANS :!
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : SCHLUSS !



Figur 11: Beispiel eines Gesprächs als Suchprozess

Ein kommentiertes Listing des soweit ausgebauten Simulationsprogramms findet sich im Anhang D.

3. Mensch und Maschine - GAST und MINC - unterhalten sich

1. Ziele und Methoden
2. Probleme, die MINC mit der Aufgabe hat
3. Probleme, die der GAST mit der Aufgabe hat

3.1 Ziele und Methoden

Nachdem wir nun einen gewissen Überblick über die Strukturen des Zirkels C gewonnen haben, können wir dazu übergehen, neue Informationen zu sammeln, indem wir einen Gesprächspartner durch einen Menschen spielen lassen.

Wie 'in der Einleitung zu Teil II schon festgehalten, soll dies verschiedenen Zielen dienen. Es sind dies einmal zwei Punkte, in denen dieses Vorgehen v.a. unser Wissen zum Zirkel C erweitern kann. Erstens einmal können wir damit das Simulationsprogramm besser austesten, denn ein menschlicher Partner ist nicht so genau auf das Programm abgestimmt, wie dieses auf sich selbst. Daher ist zu erwarten, dass in der Konstellation Mensch-Programm eine viel grössere Menge von verschiedenen Situationen auftaucht als im Gespräch zwischen Programm und Programm, die die unterschiedlichsten Anforderungen an die implementierte Gesprächsstrategie stellen. Auf diesem Weg sollte es möglich sein, noch vorhandene Schwächen in der konkreten Realisation des Suchprozesses zu entdecken und zu beseitigen,

Und zum zweiten lassen sich so alternative Gesprächsstrategien finden. Denn wie weiter oben formuliert, spielt die genaue Form des Suchprozesses keine Rolle, wenn nur jeder Partner jede Frage des anderen aufgreift. Im Programm ist der Suchprozess nun als eine Art "breadth-first" Prozess implementiert (vgl. das Beispiel im vorangehenden Abschnitt), der relativ plausibel und zielgerichtet erscheint. Sicher gibt es aber noch weitere Strategien. Zeigt nun ein menschlicher Partner in einer Situation eine andere Reaktion als dies das Programm tun würde, kann dieses Verhalten daraufhin untersucht werden, ob es ebenfalls als Teil einer zielführenden Strategie verstanden werden kann. Auf diesem Weg sollte es möglich sein, eine Sammlung unterschiedlicher Strategien zu erwerben, die auf ihre Effektivität hin untersucht und allenfalls als Gesprächsregeln formuliert werden können,

Darüber hinaus können wir uns nun natürlich auch mehr psychologisch/empirischen Problemen (im Gegensatz zu mehr logischen) widmen. Das Ziel dieser Arbeit ist es ja, einen Satz von Gesprächsregeln zu

finden, der die spezielle Art von Kommunikation, die wir hier betrachten, erleichtert. Für unseren ganz eingeschränkten Problemfall haben wir solche, rein theoretisch begründbare Regeln gefunden. Offen bleiben dabei zuerst einmal drei Fragen:

1. Wieweit ist unser eingeschränkter Problemtyp überhaupt in Alltagssituationen verbreitet, d.h. wie gross ist die praktische Relevanz unserer Resultate?
2. Haben Menschen in diesen Situationen überhaupt Schwierigkeiten, oder meistern sie sie sowieso ohne Hilfe?
3. Wie gut sind die Regeln von Menschen anwendbar? Oder anders gefragt: Wie muss man sie genau formulieren und eventuell ausbauen, damit sie wirklich praktisch wirksam sind?

Die folgende Darstellung der Ergebnisse der Mensch-Maschine-Gespräche kann v.a. zur Beantwortung der ersten beiden Fragen einige Punkte beisteuern.

Die am Programm vorzunehmenden Änderungen, damit dieses mit menschlichen Partnern interagieren konnte, waren geringfügig. Es musste nur dahingehend modifiziert werden, dass es als Antworten auf seine Fragen nicht mehr "computerinterne" Daten entgegennahm, sondern diese vom Terminal erfragte. Zur Vereinfachung der Situation entfernte ich zudem aus der vom Programm verwendeten Sprache die Möglichkeit, Verständnis-Gegenfragen zu stellen, da ja von nun an die mehr sprachlichen Verständigungsprobleme nicht mehr im Fokus stehen. Die menschlichen Partner mussten sich an die gleiche Sprache wie das Programm halten. Wenn sie davon abwichen, reagierte das Programm mit "UNVERSTAENDLICH".

um zu verhindern, dass das Programm allzu stark den menschlichen Partnern seinen Problemlösestil auf zwingt, hatte ich dagegen wieder eingeführt, dass es nach jeder beantworteten Frage die Initiative dem Partner übergab. Dies entspricht zwar keiner konsequenten "breadth-first" Strategie, ermöglichte es aber, dass die menschlichen Partner völlig den Ablauf des Dialogs bestimmten konnten.

Die Untersuchungssituation war, entsprechend der Zielsetzung, nicht eigentlich standardisiert, d.h. sowohl die Einführung der Personen in die Probleme, wie die bearbeiteten Probleme änderten sich im Verlauf der Datenerhebung. Diese Änderungen erfolgten meist gezielt als Resultat der bisher gemachten Beobachtungen und hatten den Zweck, gewisse Phänomene, die sich abzeichneten, durch geeignete Beispiele deutlicher hervorzuheben. Allen Dialogsituationen gemeinsam waren dagegen folgende Elemente:

- Jede Person erhielt anfangs die gleiche (mündliche) Beschreibung der allgemeinen Struktur des Gegenstandes und der Sprache.
- Jede Person beschäftigte sich am Anfang zum Einüben der Sprache mit zwei Problemen. Diese beiden Probleme waren für alle Teilnehmer identisch. Beim ersten Problem war das Hauptziel beim menschlichen Partner (hatte dieser also die Rolle des Lernalerns), beim zweiten beim Programm (hatte also der menschliche Partner die Rolle des Lehrers).
- Anschliessend bearbeiteten alle mindestens drei weitere Probleme; meist hingegen wesentlich mehr (verteilt über mehrere Sitzungen). Alle waren offenbar von der Aufgabe fasziniert und verbrachten mindestens zwei Stunden vor dem Computer.
- Ich war als Beobachter die ganze Zeit anwesend und gab Hilfestellungen, wenn Probleme mit der Sprache auftraten.
- Die eigentlichen Probleme wurden alle fortlaufend speziell für die entsprechenden Personen konstruiert. Damit war es möglich, die Charakteristika und Schwächen der von der

entsprechenden Person verwendeten Strategie herauszumodellieren. Z. B. kam es oft vor, dass ich als Beobachter den Eindruck hatte, dass eine Person bei einer Aufgabe rein durch Zufall zu einer Lösung kam, da ihr Vorgehen keineswegs besonders sinnvoll war. Dann war es meist leicht, diese Vermutung zu prüfen, indem ich die nächste Aufgabe so konstruierte, dass sie eine "Falle" enthielt, an der die Person scheitern musste, wenn sie tatsächlich die von mir vermutete (ineffiziente) Strategie verwendete.

- Von jedem Dialog wurde ein Protokoll ausgedruckt und anschliessend mit dem Teilnehmer Schritt um Schritt durchbesprochen. Dabei kamen v.a. Punkte zu Sprache, in denen dieser anders reagiert hatte, als dies sein programmierter Partner an der gleichen Stelle getan hätte.

3.2 Probleme, die MINC mit der Aufgabe hat

Es war zu erwarten, dass das relativ intuitiv Schritt für Schritt aufgebaute Programm einige Mängel zeigen würde. Das war auch der Fall, und die meisten dieser Mängel sind bereits in der oben durchgeführten Analyse des Prozesses behoben worden. Diese Analyse ist parallel zu den ersten Versuchen mit Mensch-Programm-Dialogen entstanden und wurde entsprechend davon befruchtet.

Ganz selten tauchte aber auch später noch ein Problem auf, das im Rahmen der Zahlenquadrat-Probleme nur dadurch entstehen konnte, dass eine Person eine äusserst unorthodoxe Dialogstrategie anwendete. Am besten lässt es sich an einem kleinen Beispiel illustrieren, das ausserhalb dieses Rahmens liegt.

Das Ausgangs-Wissen von MINC (programmierter Partner) und GAST (menschlicher Partner) sei wie folgt gegeben:

	MINC				GAST
	A = B + C				H = A + K
	B = ?				K = 2
C = F + G		C = D + E			A = ?
F = 2		D = 3			H = E + L
G = 2		E = ?			L = 3
					E = ?

GAST interessiert sich für H und beginnt entsprechend:

```

GAST : H ?
MINC : SACKGASSE .
GAST : A ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : !

```

MINC übernimmt die Frage des GAST und expandiert sie. (Wobei MINC hier im Beispiel "depth-first" und ohne die Kontrolle abzugeben, vorgeht. Das dient nur dazu, das Beispiel übersichtlich zu halten. Genau das gleiche liesse sich auch bei "breadth-first" mit einem etwas komplexeren Beispiel erreichen.)

```

MINC : C ?
GAST : SACKGASSE .
MINC : E ?
GAST : UNBEKANNT .

```

MINC sucht für E ein weiteres Subziel. Er findet aber keines und registriert E folglich als Sackgasse» Dann übergibt er die Initiative.

```

MINC : !
GAST : E .
MINC : UNBEKANNT .
GAST : !

```

MINC übernimmt nun auch diese Frage des GAST und sucht nach einem Subziel zu E. Dabei bemerkt er, dass er sich E schon als Sackgasse, d.h. als ohne erfüllbare Subziele, gemerkt hat. Folglich meldet er zurück:

```

MINC : E SACKGASSE .

```

was nicht stimmt, da er E leicht über C und F und G errechnen konnte.

Das Problem entsteht dadurch, dass MINC einerseits E als absolute Sackgasse behandelt und dass andererseits das Problem einen Zirkel enthält, d.h. dass die beiden Gesprächspartner auf zwei verschiedenen Wegen zweimal auf E zu sprechen kommen. E stellt zwar für einen Suchprozess, der von A ausgeht, tatsächlich ein totes Ende dar; A muss also, wenn das überhaupt möglich ist, über einen anderen Weg als über E berechnet werden. Das heisst aber nicht in jedem Fall, wie man am Beispiel sieht, dass E selbst nicht berechenbar wäre, E - und damit jede Sackgasse - ist folglich nur relativ zu einem ganz bestimmten Suchprozess eine Sackgasse. Kommt ein anderer Prozess später wieder bei E vorbei, muss erneut geprüft werden, ob E keine brauchbaren Subziele generieren kann. Solange die Probleme keine Zirkel enthalten, kann dies nicht geschehen. Bei Problemen mit Zirkeln dagegen muss der interne Modellbauer so abgeändert werden, dass er sich bei jeder Sackgasse merkt, relativ zu welchem Suchprozess es sich um ein totes Ende handelt. Dann kann er hier im Beispiel bei E unbelastet einen neuen Suchprozess starten.

Allerdings funktioniert auch diese Relativierung der Sackgassen nur, wenn das Problem überhaupt eine Lösung hat. Ist das nicht der Fall, treten im Zusammenhang mit Zirkeln neue Probleme auf, die ich aber erst im Abschnitt 4 betrachten möchte. Alle Probleme, die ich als Ausgangsbasis für Dialoge zwischen Mensch und Programm verwendet habe, waren lösbar und enthielten auch keine Zirkel. Daher können wir für die folgenden Darstellungen davon ausgehen, dass das Programm in der Interaktion prinzipiell adäquat funktionierte. (Davon ausgenommen sind ein paar Versuche, die parallel zur in Abschnitt 1 und 2 durchgeführten Analyse und der . damit verbundenen Verbesserung des Programms abliefen.)

3.3 Probleme, die der GAST mit der Aufgabe hat

1. Auffällige Abweichungen des Verhaltens der GAESTE vom Verhalten von MINC
2. Strategien der GAESTE
3. Anmerkungen der GAESTE zur Situation
4. "Auswertung" der Erfahrungen mit den GAESTEN

3.3.1. Auffällige Abweichungen des Verhaltens der GAESTE vom Verhalten von MINC

Eine erste interessante Informationsquelle darüber, wie die menschlichen Interaktionspartner das Problem angehen, ergibt sich aus der Beobachtung, an welchen Stellen sie sich wie das Programm verhalten und an welchen sie von diesem Verhalten abweichen. Um das beobachten zu können, müssen wir zuerst festlegen, wann wir von einer Abweichung sprechen wollen.

So wie das Programm nun läuft, gehorcht es der Logik des Problemlöseprozesses, wie wir ihn oben als optimal dargestellt haben ("breadth-first" Prozess, aufgreifen und weiterverfolgen aller Fragen). Innerhalb dieses Rahmens trifft es aber in einigen Punkten willkürliche Entscheidungen, die nicht von der generellen Logik des Vorgehens diktiert werden. Diese Entscheidungen sind:

1. Welcher der autonomen Suchprozesse momentan verfolgt wird, von denen je einer von jeder Frage ausgeht.
2. Welcher Ast dieses Suchprozesses momentan verfolgt wird, wenn sich der Prozess in mehrere Äste gabelt.
3. Wie lange ein bestimmter Ast verfolgt wird . (Auch das ist willkürlich, denn damit keine Schwierigkeiten mit allenfalls vorhandenen Schlaufen und Sackgassen auftreten, ist es nur notwendig, dass der Ast ab und zu gewechselt wird. Wie oft ist prinzipiell unwichtig und beeinflusst den Suchprozess in einer Art und Weise, die für den Problemlöser nicht vorhersehbar ist, so dass er hier nicht planen kann.)
4. In welchem Moment die Initiative dem Partner übergeben wird.
5. Ob bei einem Knoten zuerst externe Information beigezogen wird (durch eine Frage)» oder ob zuerst intern nach einer Lösung gesucht wird. (Die zweite Variante wird v.a. dann auftreten, wenn für menschliche Partner Teile des Suchbaums sehr übersichtlich sind, d.h. wenn sich praktisch auf "einen Blick" erkennen lässt, dass die notwendige Information für eine Lösung vorhanden ist.)
6. Wie lange es geht, bis das Programm auf eine nicht definitiv beantwortete Frage zurückkommt und diese erneut stellt.

Positiv formuliert, heisst das, dass allein folgende vier Punkte im Verhalten des Programms streng durch die Logik des Problems festgelegt sind:

- I. Welche Suchbäume zu einem bestimmten Zeitpunkt bestehen, nämlich für jede Frage des Partners einen.
- II. In welcher Reihenfolge die Fragen, die sich aus demselben Ast eines Suchbaums ergeben, gestellt werden, nämlich von "oben" nach "unten" (da es nicht sinnvoll ist, ein Subziel zu bearbeiten, wenn noch nicht geklärt wurde, ob das Ziel schon erreicht ist).
- III. Dass höchstens zu den Feldern, über die einmal gesprochen wurde. Aussagen gemacht werden, wenn sich das Wissen über diese Felder ändert. (Notwendig ist nur, dass Aussagen zu allen Feldern gemacht werden, die einmal Ziel einer Frage des Partners waren (Punkt IV). Das Programm macht zudem noch Aussagen zu Feldern, zu denen es selbst einmal eine Frage gestellt hat. Dies darum, weil es geschehen konnte, dass ein Partner nach solch einem Feld seinerseits nicht mehr fragt, da er annimmt, dass die Frage des Programms implizit bedeutet, dass dieses Feld unbekannt ist.)
- IV. Dass alle Fragen, wenn sich eine positive Antwort ergibt, sofort "beantwortet" werden.

Aufgrund dieser Überlegungen ist es möglich, zu jedem Zeitpunkt eines Dialogs zwischen MINC und GAST die Menge der "erlaubten" Fragen und Aussagen anzugeben, die der menschliche Partner machen darf, wenn er sich prinzipiell gleich verhält wie das Programm. Z. B.

MINC				GAST			
					3		15
1			14				
	4				7		
				14	16		

$(2,1) + (2,2) + (2,3) = (2,4)$ $(1,2) + (2,2) + (3,2) = (4,2)$ $(1,3) + (2,3) + (3,3) = (4,3)$	$(1,1) + (1,2) + (1,3) = (1,4)$
---	---------------------------------

Das Hauptziel des GAST ist (1,1). Das kann er sofort expandieren und erhält den "Suchbaum":

- (1,1)
- (1,3)
- (2,3)

Da er noch keine Fragen gestellt hat, ist davon nur (1,1) eine mögliche Frage; mögliche Aussagen gibt es noch keine, da bisher über nichts gesprochen wurde» Wir wollen das so notieren

(1,1) ; ()

GAST stellt nun diese Frage

GAST : ELEMENT II?
MINC : UNBEKANNT .

Das ändert nichts am Suchbaum, da aber jetzt (1,1) gefragt ist, wird (1,3) auch zur möglichen Frage; und da über (1,1) gesprochen wurde, wird das zur möglichen Aussage.

(1,1) (1,3) ; (1,1)

GAST : ELEMENT I 3 ?
MINC : UNBEKANNT .

(1,1) (1,3) (2,3) ; (1,1) (1,3)

GAST :!

Das ist natürlich immer möglich.

MINC : ELEMENT 1 3 SACKGASSE .

(1,1) (2,3) ; (1,1) (1,3)

GAST : ELEMENT 2 3 ?
MINC : UNBEKANNT .

(1,1) (2,3) ; (1,1) (1,3) (2,3)

GAST :!
MINC : ELEMENT 22?

GAST : UNBEKANNT .
MINC :!

(1,1) (2,3) (3,2) ; (1,1) (1,3) (2,3) (2,2)

GAST : ELEMENT 3 2 ?
MINC : 4 .

(1,1) (2,3) ; (1,1) (1,3) (2,2) (2,3)

GAST : ELEMENT 2 2 7.
MINC : ELEMENT 236.

(1,1) ; (1,1) (1,3)

GAST : SCHLUSS !

Wie man sieht, hat sich in diesem Beispiel der GAST genau so verhalten, wie es aus der Sicht des Programms logisch wäre. Lässt man sich von jedem Dialog MINC-GAST ein Protokoll dieser Art (d.h. mit den eingeschobenen Listen der möglichen Fragen und Aussagen) ausdrücken, dann lassen sich anschliessend leicht die kritischen Stellen ausmachen, wo das Verhalten des GAST offenbar einer anderen Logik folgt, er also etwas tut, das nicht "erlaubt" ist. Und diese Stellen können gleich anschliessend mit ihm diskutiert werden.

Als erste Erfahrung liegen nun die Dialoge von neun Personen mit dem Programm vor. Generell lässt sich sagen, dass keine der Personen, auch nicht nach mehreren (bis zu 12) Dialogen, ein streng im Rahmen der von der Problemanalyse her als notwendig beschriebenen Strategie liegendes Verhalten zeigte. Meist kam es mit der Zeit zu einer Annäherung; aber auch dann wurde das Schema immer wieder durchbrochen.

Es traten alle möglichen Abweichungen auf:

- Fragen nach Feldern, die auf keiner Zielliste waren.
- Aussagen über Felder, über die nie gesprochen wurde»
- Fragen nach Subzielen vor "Superzielen".
- Nicht Aufgreifen der gestellten Fragen.

Anhand dieser Abweichungen liessen sich in der Analyse der kritischen Stellen ganz klar Strategien erkennen und in den anschliessenden Dialogen durch geeignete "Fallen" testen, die dann auch von den Personen in der Besprechung des Protokolls verbalisiert wurden.

3.3.2 Strategien der GAESTE

1. Vollständiger Informationsaustausch:
"Alles-fragen-alles-sagen"
2. Mitteilen des offensichtlich Wichtigen
3. Relationen im Wissen von MINC erraten
4. Unterdrücken sinnloser Fragen
5. Ignorieren abwegiger Fragen von MINC

Ich möchte zuerst einfach einmal die unterschiedlichen Strategien, die sich ausmachen lassen, durchgehen, bevor ich sie bespreche.

3.3.2.1 Vollständiger Informationsaustausch: "Alles-fragen-alles-sagen"

Eine erste Strategie, die immer wieder verwendet wurde, besteht darin, dass der GAST alle Felder des Zahlenquadrats der Reihe nach durchgeht und je nachdem, ob er die entsprechende Zahl kennt, diese MINC mitteilt oder ihn dann danach fragt. Der GAST gibt dabei die Kontrolle nie aus der Hand, ermöglicht es also dem Programm nie, selbst Fragen zu stellen. Ein typisches Beispiel dafür ist der folgende Protokollauszug (ohne Angaben über die "erlaubten" Fragen und Aussagen):

GAST

	4	2	
	4	?	
			7
8		3	2

$$(1,1) = (1,2) + (1,3) + (2,1)$$

$$(2,3) = (2,4) + (3,2) + (4,4)$$

$$(3,3) = (2,2) + (3,1) + (4,1)$$

```

GAST : ELEMENT 2 3 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 3 2 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 3 1 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 3 3 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 2 1 ?
MINC : 3 .
GAST : ELEMENT 1 1 9.
MINC : !
GAST : ELEMENT 2 4 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 1 2 4 .
MINC : !
GAST : ELEMENT 1 3 2 .
MINC : !
GAST : ELEMENT 2 3 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 3 2 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : ELEMENT 2 2 4 .
MINC : !
GAST : ELEMENT 3 4 7 .
MINC : !
GAST : ELEMENT 4 3 3 .
MINC : !
GAST : ELEMENT 4 4 2 .
MINC : !

```

etc.

Der GAST beginnt beim Hauptziel, fragt dann ein mögliches Subziel und verlässt bereits mit der dritten Frage den Rahmen der simulierten Strategie, da (-3,1) zu dieser Zeit auf keiner Liste steht. Es folgen dann einige Fragen, die nicht viel einbringen, und schliesslich beginnt er MINC mitzuteilen, was er alles weiss. Das Protokoll setzt sich noch wesentlich länger in dieser Art fort.

Betrachtet man diese Strategie, ist nun auch erklärbar, warum es vereinzelt zu "Zirkel-Problemen" kam, obwohl die Aufgaben keine Zirkel enthielten. Streicht man im Beispiel im Abschnitt 3.2 auf der Seite des GAST die Relation $H=A+K$, dann enthält diese Aufgabe keinen Zirkel mehr. Verfolgt der GAST nun aber eine "alles-fragen-alles-sagen"-Strategie, dann wird er vielleicht als erste Frage trotzdem nach A fragen (obwohl ihm das nichts bringt); und wenn MINC diese Frage ernst nimmt, entsteht dadurch wieder ein Zirkel.

3.3.2 Mitteilen des offensichtlich Wichtigen

Die unter 3.3.2.1 beschriebene Strategie tauchte allerdings normalerweise nur auf, wenn die Menge der Information sich in Grenzen hielt, d.h. wenn das Zahlenquadrat nicht allzu gross war. Vergrössert man das Quadrat, wird sie unökonomisch. Ich bin deshalb relativ bald zu einem 9×9 Quadrat übergegangen. Die oben beschriebene Strategie trat allerdings auch dort noch auf, aber nur noch relativ selten. Ihre

Stelle übernahm ein modifiziertes Vorgehen: Durch die gegebenen

Relationen ist das ganze Quadrat strukturiert und zerfällt in Bereiche, die entweder relativ "dicht" sind, d.h. wo viele Relationen liegen, bzw. eher "dünn" sind, d.h. wo sich kaum Relationen finden (vgl. Figur 12). Wie auch von der simulierten Strategie her zu erwarten, hielten sich die meisten GAESTE an das dichte Gebiet, in dem die Hauptfrage lag. Meist bildeten sie dort zuerst einmal, den Relationen folgend, alle möglichen Subziele. Führt das aber zu keiner Lösung, dann folgte darauf oft eine Phase, in der sie alles, was ihnen im "dichten" Gebiet bekannt war, MINC mitteilten, bis sie ihm schliesslich die Kontrolle ganz abtraten.

Ein Beispiel:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	8			2		4	2		29
B	64	3	4	57		3	2	3	
C			22			3	22		11
D		28		7	31	7	8	8	
E	3	9		?	5				
F		10			12		1	3	13
G	2	13	1	2		5	37		2
H			7		24		12		
I		4		16	1	52		13	

Figur 12: Spiel 1A

GAST : E 4 ?
 MINC : UNBEKANNT .
 GAST : E 3 ?
 MINC : UNBEKANNT .
 GAST : C 4 ?
 MINC : UNBEKANNT .
 GAST : C 5 ?
 MINC : UNBEKANNT .
 GAST : C 6 3 .
 MINC : !
 GAST : C 7 2 2 .

```

MINC      :!
          GAST :!
MINC      : A 5 ?
          GAST : UNBEKANNT .
MINC      :!
          GAST : A 8 ?
MINC      : UNBEKANNT .
          GAST : A 6 4 .
MINC      :!
          GAST : A 7 2 .
MINC      :!

```

etc.

Diese Strategie ist natürlich mit der ersten Strategie eng verwandt, nur dass sich hier der Informationsaustausch aus ökonomischen Gründen auf die dichten Gebiete beschränkt. Wobei der "dichte" Bereich durchaus nicht nur auf die Felder, die auf einer Relation liegen, allein beschränkt ist, sondern auch die engere Nachbarschaft umfasst. Z. B. (ein anderes Protokoll zur gleichen Situation wie oben):

```

          GAST : E 6 ?
MINC      : UNBEKANNT .
          GAST :!
MINC      : E 7 ?
          GAST : SACKGASSE
MINC      :!
          GAST : D 7 8 .

```

etc.

Auch bleibt die Strategie nicht auf den dichten Bereich, in dem das Hauptziel liegt, beschränkt, sondern kann sich (ohne dass eine Frage von MINC den Anstoss dazu gab) auf andere dichte Bereiche ausdehnen. Z. B. (gleiches Protokoll wie oben, etwas später)

```

          GAST : C 5 ?
MINC      : SACKGASSE.
          GAST : H 8 ?
MINC      : UNBEKANNT .
          GAST : H 5 24 .
MINC      :!

```

etc.

3.3.2.3 Relationen im Wissen von MINC erraten

Eine dritte Strategie besteht darin, dass der GAST versucht herauszufinden, welche Relationen MINC kennt. Z. B.

GAST			
	?		1
2	4	3	
3		6	
	11		25

GAST kennt die vertikalen Relationen

```

          GAST : ELEMENT 2 4 ?
MINC      : UNBEKANNT .

```

GAST : ELEMENT 2 1 2 .
 MINC :!
 GAST : ELEMENT 2 2 4 .
 MINC :!
 GAST : ELEMENT 2 3 3 .
 MINC :!
 GAST : ELEMENT 2 4 ?
 MINC : 9 .

Damit sieht der GAST seine Hypothese bestätigt, dass MINC die horizontalen Relationen kennt, und nutzt das im folgenden gezielt aus

GAST : ELEMENT 3 4 15 .
 MINC :!
 GAST : ELEMENT 3 2 ?
 MINC : 6 .
 GAST : ELEMENT 1 2 1 .
 MINC :!
 GAST : SCHLUSS !

Ein ähnliches Vorgehen liess sich aber auch beobachten, wenn die Relationen nicht so schon geordnet waren wie hier, so dass es dem GAST nicht so leicht möglich war, präzise Hypothesen zu bilden. Dann diente die Suche nach Relationen von MINC mehr dazu, abzutasten, wo dieser ein "dichtes" Gebiet hatte, so dass dann dort die Strategie 2 (bezogen auf ein dichtes Gebiet bei MINC und nicht beim GAST) angewendet werden konnte.

3.3.2.4 Unterdrücken sinnloser Fragen

Offenbar ausgehend von der richtigen Annahme, dass MINC auf die Hauptfrage sicher keine direkte Antwort weiss, stellten die meisten Personen in sehr vielen Situationen diese erste Frage gar nicht, sondern gingen sofort zu einem Subziel über. Offensichtlich wollten sie sich eine überflüssige Frage sparen. Natürlich lassen sich leicht Probleme konstruieren, bei denen die Lösung nur über diese Frage führte. Interessanterweise kamen alle, denen ich diese "Fälle" stellte, erst nach sehr langer Zeit auf die Hauptfrage zurück.

3.3.2.5 Ignorieren abwegiger Fragen von MINC

Mit den bisher dargestellten Strategien lassen sich so gut wie alle Fragen der GAESTE, die nicht mit dem übereinstimmen, was aufgrund der simulierten Strategie zu erwarten wäre, abdecken.

Oft geschah es aber auch, dass Fragen, die MINC stellte, nicht aufgegriffen wurden. Und zwar nicht zufällig, sondern ganz systematisch dann, wenn eine Frage "daneben" zu liegen schien, d.h. wenn für den GAST nicht ersichtlich war, was die Frage mit dem bisherigen Gesprächsverlauf zu tun hat. Z. B. (die Situation entspricht wieder Figur 12)

GAST : E 4 ?
 MINC : UNBEKANNT
 GAST :!
 MINC : H 4 ?
 GAST : SACKGASSE .
 MINC :!
 GAST : C 4 ?
 MINC : UNBEKANNT .
 GAST : H 1 ?
 MINC : UNBEKANNT .
 GAST : !

GAST ging danach sehr lange nicht auf H1 ein, obwohl MINC praktisch bei jeder zweiten Frage wieder darauf zurückkam. H1 war für den GAST offenbar eine sehr uneinsichtige Frage, wie auch die Nachbefragung bestätigte.

Damit eine Frage nicht aufgegriffen wurde, musste sie ausserhalb des momentan aktuellen dichten Gebiets liegen. Fragen, die im selben dichten Gebiet lagen, in dem sich der Dialog bisher bewegt hatte, oder nahe dran, führen nicht zu dieser Reaktion. Z. B. (vgl. auch das Protokoll zur Strategie 2)

GAST : E 4 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : C 5 ?
MINC : UNBEKANNT .
GAST : !
MINC : A 5 ?
GAST : UNBEKANNT .
MINC : !
GAST : A 8 ?

3.3.3 Anmerkungen der GAESTE zur Situation

1. Generelle Attributionen an MINC
2. Das Gefühl fehlenden Kontakts
3. Fehlende Kommunikation über Relationen
4. Fehlende Kommunikation über Ziele

Neben den Fragen zur verwendeten Strategie, die geholfen haben, die oben angeführten Typen zu identifizieren, wurden die GAESTE auch allgemeiner zu folgenden Punkten befragt:

- Wie sie die Kompetenz von MINC als Gesprächspartner einschätzten.
- Was ihnen an der Situation speziell "unnatürlich" vorkam.
- Welche Wünsche sie an eine Spracherweiterung hätten.
- Generelle Bemerkungen

Die Befragung ergab v.a. Hinweise darauf, in welchem Sinn die GAESTE die Situation als "unnatürlich", d.h. nicht einer Mensch-Mensch-Interaktion entsprechend, wahrnahmen.

3.3.3.1 Generelle Attributionen an MINC

Alle neun Personen waren so ausgewählt, dass sie zumindest einige Erfahrung im Umgang mit Computern hatten und keine prinzipielle Aversion gegen solche Maschinen zeigten. Auch machte allen die Sache sichtlich Spass.

Ich habe sie unter anderem danach befragt, wie sie die Kompetenz von MINC einschätzten, wie geschickt und hilfreich er ihnen als Partner vorkam, überall war der Eindruck dazu sehr ambivalent. Obwohl ich bei der Einführung betont hatte, dass MINC sehr wohl fähig sei, kompetent mit dieser Art von Problemen umzugehen, begannen die meisten ihren Dialog mit sehr geringen Erwartungen an ihn. Erst mit der Zeit überliessen sie ihm auch ab und zu die Kontrolle, d.h. begannen sie auf seine Kompetenz zu vertrauen. Bei den meisten war dieses Vertrauen aber nicht sehr stabil, sondern verschwand sofort wieder, sobald MINC begann, "abwegige" Fragen zu stellen (d.h. wenn sein Suchprozess sich über Relationen, die für die GAESTE nicht einsichtig waren, in ein entlegenes Gebiet verschoben hatte). Ein klares Bild wollte sich aufgrund dieses Verlaufes bei niemandem einstellen, auch wenn sich alle mit der Zeit der Einsicht beugten, dass die vorgegebenen Probleme nur "kooperativ", d.h. mit gemischter Initiative, zu lösen waren.

3.3.3.2 Das Gefühl fehlenden Kontakts

Die meisten GAESTE (acht von neun) hatten anfänglich grosse Schwierigkeiten, sich auf eine kooperative Interaktion mit MINC einzulassen. Sie behandelten ihn zuerst ganz einfach als ein passives Informations-"Bezugssystem", das nur geeignet ist, gespeicherte Information auf gezielte Fragen hin von sich zu geben. Diese Haltung legte sich dann erst allmählich in dem Masse, wie sie die Erfahrung machten, dass nur ein wirklicher Informationsaustausch zur Lösung der Probleme führt. Trotzdem wollte sich auch dann offenbar nicht das Gefühl eines echten "Kontakts" mit dem Programm einstellen.

Mag sein, dass auch hier eine generelle Vorstellung von der Natur des Computers ("es kommt ja nur heraus, was man vorher eingegeben hat") eine Rolle spielte. Im Hinblick auf die "Natürlichkeit" der Situation ist aber viel interessanter, dass einige GAESTE explizit aussagten, sie hätten den Einstieg in den Dialog als sehr eigenartig erlebt. In der Tat erlaubt es die Sprache nicht, den Dialog irgendwie zu

"eröffnen", sondern einer der Partner ist gezwungen, direkt mit einer Frage ZU beginnen, die sich in nichts von einer anderen Frage an einer beliebigen Stelle des Dialogs unterscheidet. Die Sprache (d.h. das Dialogmodell) umfasst nur die Hauptphase des Dialog-Spiels "Frage-Antwort" (Levin & Moor, 1977) und erlaubt es nicht, zuerst auszuhandeln, ob dieses Spiel überhaupt gespielt werden soll. Wie Levin & Moor beobachtet haben, ist es aber in natürlichen Situationen der Normalfall, dass diese Bereitschaft zuerst in einer kurzen Einstiegssequenz hergestellt wird, die meist ein anderes Dialog-Spiel darstellt.

Wie die GAESTE, die explizit darauf zu sprechen kamen, sagten, führte dieser fehlende Einstieg offenbar dazu, dass sie sich der Kooperation des Programms nicht sicher waren. D.h. sie fragten sich (wörtlich) "ob denn der Computer weiss, um was es geht". Auf diesem Hintergrund wird zumindest z.T. verständlich, warum sie dann den Computer als passiven Partner behandelten, da er ja gar nicht wissen konnte, um was es ging.

Durch die fehlende Eröffnung könnte auch erklärt werden, warum viele das eigentliche Hauptziel nicht als erste Frage stellten. Da ja von der Aufgabe her klar ist, dass der Partner das Hauptziel sicher nicht direkt beantworten kann, gehört dieses nicht in den eigentlichen Frage-Antwort-Dialog, sondern in die Eröffnung. Z. B. in folgender Form:

GAST : ICH HABE EIN PROBLEM .
MINC : JA ?
GAST : ICH SOLLTE ES WISSEN .
MINC : OK, VERSUCHEN WIR, DAS HERAUSZUFINDEN.

Allerdings kann die fehlende Eröffnung allein noch nicht vollständig das Gefühl des fehlenden Kontakts erklären. Auch nachdem ich versuchsweise eine solche Einführung eingebaut hatte, traten noch entsprechende Probleme bei den GAESTE auf. Als mögliche Ursachen wurden benannt:

- Der Interaktionsstil von MINC: Um den GAESTEN die volle Kontrolle über den Dialogablauf zu ermöglichen, überliess MINC die Initiative nach jeder beantworteten Frage wieder dem GAST. Er stellte also nie mehrere Fragen hintereinander. Dadurch entstand offenbar das Gefühl, dass MINC keine Linie verfolgte, also auch gar nicht weiss, um was es geht.
- Der "Inferenzstil" von MINC: Aus dem Interaktionsstil ergab sich ein eigentlicher "Inferenzstil". Erhielt MINC z.B. vom GAST eine Information, dann zog er daraus nicht sofort alle möglichen Konsequenzen, sondern gab sich zufrieden, wenn er ein weiteres Feld füllen konnte, und überliess dann die Initiative wieder dem GAST. So konnte es geschehen, dass MINC über längere Zeit, sobald die Reihe an ihm war, dazu zurückkehrte, die Konsequenzen aus jener schon weit zurückliegenden Information zu berechnen, und immer wieder neue Aussagen machte, von denen für den GAST nicht einsichtig war, wieso er das plötzlich wissen konnte.

Ins gleiche Kapitel gehört, dass er eine Frage immer nur mit dem momentanen Wert des Feldes beantwortete. So konnte es geschehen, dass er auf eine Frage zuerst mit "UNBEKANNT" antwortete und dann gleich anschliessend - ohne dass ihm der GAST Informationen gegeben hatte - doch noch eine positive Antwort gab. Das gleiche Phänomen trat auf, wenn er selbst Fragen stellte, da er ja immer zuerst fragte und erst dann "nachdachte".

All diese Dinge bewirkten, dass die GAESTE MINC nicht ganz durchschauten und als inkonsequent erlebten.

- Und zum dritten war auch der "Problemlösestil" von MINC nicht leicht zu durchschauen. Der Suchprozess entspricht einer "breadth-first" Strategie in dem Sinn, dass er alle Endknoten der momentanen Ziellisten der Reihe nach durchgeht und Fragen stellt. Dann expandiert er all diese Knoten und fragt erneut alle Endknoten ab. Dies führte dazu, dass die Fragen z.T. recht wild auf dem Zahlenquadrat streuten. Ohne erklärende Bemerkungen war dies kaum nachvollziehbar.

3.3.3.3 Fehlende Kommunikation über Relationen

Nach diesen eher allgemeinen Bemerkungen zur Dialogsituation kommen wir nun zu spezifischen Aussagen, die "unnatürliche" Beschränkungen der Sprache betreffen.

Alle GAESTE hatten Probleme damit, dass es nicht möglich war, mit MINC über Relationen zu sprechen. Sie hatten sowohl das Bedürfnis, MINC mitzuteilen, über welche Zusammenhänge sie verfügten, wie ihn nach den seinen zu fragen.

Diese Bedürfnisse zeigten sich sowohl auf einer spezifischen wie auf einer globalen Ebene. Mit "spezifisch" meine ich Fälle, in denen es den Spielern um einzelne Relationen ging. D.h. sie wollten

entweder MINC einzelne Relationen mitteilen (z.B. $A_4=A_1+A_2+A_3$) oder ihn nach einer solchen fragen (z.B. "Kennst du einen Zusammenhang zwischen A_4 und A_1 ?"). Dies trat dann auf, wenn im Problemlöseprozess ein spezielles Feld (z.B. A_4) wichtig wurde, und sie erwarteten, dass eine solche Relation entweder ihnen oder MINC helfen könnte.

Mit "global" dagegen meine ich mehr unspezifische Fragen danach, ob MINC in einer bestimmten Region des Zahlenquadrates viele Relationen kennt (d.h. ob diese Region bei ihm "dicht" ist). Diese Fragen tauchten jeweils auf, wenn es mehrere Möglichkeiten gab, den Suchprozess fortzusetzen und der GAST abzuschätzen versuchte, welche Richtung die erfolgsversprechendste wäre.

3.3.3.4 Fehlende Kommunikation über Ziele

Ebenfalls beinahe alle Personen fanden es störend, dass es nicht möglich war, mit MINC über Ziele zu kommunizieren, d.h. einzelne Fragen zu begründen (vgl. auch 3.3.3.2).

Der Wunsch, dass v.a. MINC solche Begründungen liefern sollte, zeigte sich meist dann, wenn dieser eine "abwegige Frage" (vgl. 3.3.2.5) stellte. Die GAESTE hätten hier lieber gefragt, warum er eine solche Frage stellt, als sie einfach zu beantworten. Auch fehlte einigen die Möglichkeit, darüber zu reden, wie wichtig die Beantwortung einzelner Fragen für den Problemlöseprozess war (z.B. "das sollte ich unbedingt wissen"). Auch hier vermissten sie v.a., dass MINC keine Informationen dieser Art abgab.

3.3.4 "Auswertung" der Erfahrungen mit den GAESTEN

Die hier zusammengetragenen Daten lassen sich in zweierlei Hinsicht auswerten. Einerseits haben wir direkte Aussagen darüber, was die GAESTE an der Situation als unnatürlich erlebten. Und zum zweiten ergeben sich daraus indirekte Hinweise darauf, mit was für Problemen sie im Alltag konfrontiert sind.

Als unnatürlich wurde v.a. der fehlende Kontakt zum Gegenüber erlebt. Dazu beigetragen haben:

- unvollständiges Dialogspiel (Eröffnung, Begründungen)
- "chaotisches" (d.h. ohne Begründungen nicht einsichtiges) Vorgehen von MINC.

Diese Resultate müssen wir vor allem einmal als Warnung zur Kenntnis nehmen. Sie deuten an, dass die von den GAESTEN verwendeten Strategien unter Umständen nicht darauf zurückzuführen sind, dass ihnen diese Strategien vom Alltagsgebrauch her besonders nahe liegen, sondern mehr auf die Eigenarten der Situation selbst. Als eigenständige Resultate weisen sie natürlich daraufhin, dass sich eine Sprache, auch für reine Problemlöse-Dialoge, nicht nur auf das logisch zur Informationsübermittlung notwendige Minimum beschränken kann, sondern auch Elemente enthalten muss, durch die der "Kontakt" mit dem Gesprächspartner aufgenommen und aufrechterhalten werden kann. Es wird allerdings interessant sein zu sehen, ob die Teilnehmer in einem Mensch-Mensch-Dialog die gleichen Anforderungen an die Sprache stellen oder ob hier dem Partner automatisch mehr Kooperativität zugetraut wird.

Trotz der oben erwähnten gebotenen Vorsicht lassen sich aber auch einige Rückschlüsse aus den Daten auf "Alltagssituationen" ziehen. V.a. die folgenden Punkte scheinen aufschlussreich:

- - Keine der Personen entwickelte eine völlig den Problemen angemessene Dialogstrategie - und dies z.T. nach über zehn Dialogen. Daraus lässt sich doch - bei aller Vorsicht - ableiten, dass die vorgegebenen Probleme offenbar von den den GAESTEN vertrauten Alltagsproblemen abweichen (zumindest von den einfacheren, deren Bewältigung trivial ist; es ist natürlich denkbar, bzw. meine Arbeit geht ja gerade von dieser Beobachtung aus, dass sie komplexere Probleme in Realsituationen genauso ineffizient behandeln).
- Unter den verwendeten Strategien dominiert die "alles-fragen-alles-sagen"-Strategie (global oder für dichte Gebiete). Dies lässt einige Interpretationen zu:
 - * Die Strategie ist nur dann wirklich sinnvoll, wenn das Problemgebiet relativ überschaubar ist. Dies war in allen Situationen der Fall, denn sogar auf dem 9×9 Quadrat ist ein solcher Austausch bald einmal beendet. Von daher könnte die Strategie rein durch die Situation bedingt sein.
 - * Die Strategie drängt sich auf, wenn keine echte Kooperation besteht und die Kontrolle nur bei einer Person bleibt. Auch so lässt sich die Wahl der Strategie als Folge der Wahrnehmung der Situation durch den GAST verstehen.

* Allerdings gilt auch, dass die Strategie nur dann richtig anwendbar ist, wenn das Problem nicht mehrfach ineinander eingebettete Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel verlangt, d.h. wenn praktisch eine Frage (= "alles-fragen") und eine Gegenfrage (= "alles-mitteilen") genügt, denn mit "alles-fragen-alles-sagen" lässt sich genau ein solcher Zirkel abdecken. Ist das nicht der Fall, dann muss für jeden weiteren eingebetteten Zirkel immer wieder von vorne alles gefragt und alles mitgeteilt werden, was den Aufwand stark vergrößert. Dies lässt doch die Vermutung zu, dass Alltagsprobleme wahrscheinlich im allgemeinen nicht sehr "tief" sind - im Gegensatz zu den hier verwendeten Problemen.

- Keiner der GAESTE hat, wie dies das Programm tat, je dem Partner mitgeteilt, wenn er zum Schluss kam, dass er eine Frage definitiv nicht beantworten kann. Dies, obwohl die Sprache diese Möglichkeit nahe legt. Natürlich ist rein theoretisch bei einem "breadth-first" Vorgehen (das alle GAESTE in irgendeiner Form verwendeten) und lösbaren Problemen das nicht notwendig. Da aber kaum einer der GAESTE diese theoretische Einsicht gehabt haben dürfte, können wir annehmen, dass sie solche Mitteilungen aufgrund ihrer Alltagserfahrung als unwichtig betrachten. Das ermöglicht zwei Schlüsse ;

* Einmal ist aufgrund dieser Beobachtung zu erwarten, dass unlösbare Probleme (d.h. die Entdeckung, dass ein Problem unlösbar ist) sowie Probleme mit einem grossen Suchraum, von dem aber Teile durch konsequentes Abschneiden von "Sackgassen" eliminiert werden können, zu den Alltagssituationen gehören, die am meisten Schwierigkeiten machen.

* Zum zweiten ermöglicht es eine Spekulation über die Natur der üblichen Alltagsprobleme. Da sich darunter sicher solche befinden, die sich nicht lösen lassen (z.B. jemand fragt mich nach dem nächsten Zug nach Bern, und ich weiss es nicht und habe auch keine Ahnung, wo ich nachschauen kann), müssen andere Abbruchkriterien existieren, als sie sich aus einem exakten Rückmelden von Sackgassen ergeben. Ein sehr wahrscheinlich angewandtes Kriterium ist die Tiefe des Suchprozesses. Sind die beiden Partner nach einer bestimmten Anzahl von Fragen und Gegenfragen der Lösung noch immer nicht näher, dann können sie abbrechen, da anzunehmen ist, dass sie keine Lösung finden werden. Dieses Kriterium ist aber nur anwendbar, wenn es eine typische Suchtiefe gibt, nach der normalerweise die Lösung erreicht ist. So könnte man spekulieren, dass Alltagsprobleme eine typische, implizit bekannte Tiefe haben und dass diese, nach den oben angeführten Argumenten, nicht allzu gross ist.

Es lassen sich also im ganzen doch folgende Vermutungen über Alltagsdialoge ableiten:

1. Die üblicherweise auftretenden Probleme ("triviale Alltagsprobleme) haben keine allzu grosse Suchtiefe (eine Frage und Gegenfrage genügt).
2. Die grössten Schwierigkeiten treten im Alltag dann auf, wenn es sich um "tiefe" Probleme handelt, bei denen aus irgendeinem Grund bei den Partnern die Motivation besteht, ihnen auf den "Grund" zu gehen. Und zwar treten die Schwierigkeiten unter anderem darum auf, weil die Partner sich nicht gewohnt sind, Lösungsansätze, die nachweislich nicht zum Ziel führen, explizit als erledigt zur Seite zu legen.

V.a. der zweite Punkt ist natürlich eine reine Spekulation (die allerdings zusätzlich durch einige Einzelfallbeobachtungen gestützt wird). Er führt uns in den Bereich der unlösbaren Probleme, dem der nächste Abschnitt gewidmet ist.

4. Eine zweite Analyse des Frage-Wissensgegenfrage Zirkels Unlösbare Probleme

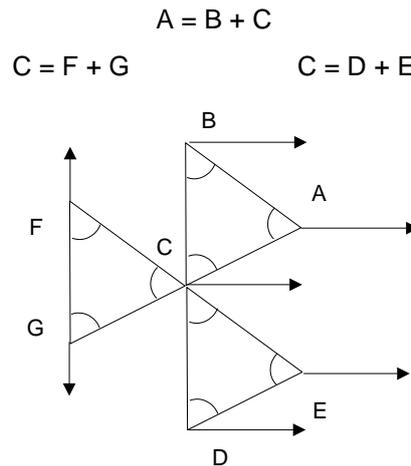
1. Zusammenhänge zwischen Problemtyp, Lösungsstrategie und Sprache
2. Erweiterung der Sprache

4.1 Zusammenhänge zwischen Problemtyp, Lösungsstrategie und Sprache

Die eingangs des zweiten Teils angestellten Überlegungen haben sich auf lösbare Probleme bezogen. Sie sind nach wie vor gültig, d.h. bei lösbaren Problemen und einem "breadth-first" Vorgehen genügt eine minimale Sprache, in der es möglich ist, einfache, unbegründete Fragen nach den einzelnen slots zu stellen, und in der Antworten entweder "positiv" sind (d.h. den Inhalt des slots weitergeben) oder "vorläufig negativ" (d.h. den Frager auf später vertrösten).

In den Bedingungen, dass die Probleme lösbar sein müssen und dass der Dialog "breadth-first" verlaufen muss, ist aber bereits angetönt, dass zwischen den drei Grossen "Problemtyp", "Lösungsstrategie" und "notwendige Sprache" gewisse Zusammenhänge bestehen. Um hier nun allgemeinere Aussagen machen zu können, ist es notwendig, dass wir uns den Suchraum, den die beiden Partner bei der Problemlösung in ihrem Dialog durchkämmen, genauer anschauen. Ich habe bisher immer von einem "Suchbaum" gesprochen, und das ist in erster Näherung auch eine brauchbare Beschreibung, wenn wir nur lösbare Probleme betrachten. Allgemein handelt es sich aber nicht um einen "Baum", sondern um einen Graphen, in dem auch Schleifen etc. auftreten können. Genauer gesagt, geht es in unseren Problemen um sogenannte "UND/ODER-Graphen".

Betrachten wir zur Veranschaulichung das Wissen von MINC im Beispiel aus Abschnitt 3.2 dargestellt als UND/ODER-Graph (Figur 13).

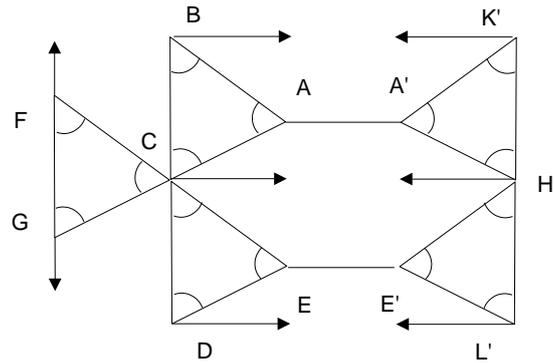


Jedes Zahlenfeld ist durch einen Knoten repräsentiert. Die Kanten zwischen zwei Knoten symbolisieren, dass die beiden so verbundenen Knoten je wechselseitig zur Berechnung des anderen beitragen können. Alle Kanten, die von einem Knoten ausgehen und zur selben Relation gehören, sind durch einen Bogen verbunden, der symbolisiert, dass zur Berechnung dieses Knotens alle angrenzenden Knoten, die durch die verbundenen Kanten erreicht werden, notwendig sind. Also kann man aus dem Graphen zum Beispiel herauslesen, dass man C berechnen kann, wenn man A UND B ODER F UND G ODER D UND E kennt. Daher auch der Name "UND/ODER-Graph".

Die im Graphen verwendeten Pfeile, die ins Leere führen, repräsentieren eine weitere ODER-Möglichkeit, nämlich die Möglichkeit, Fragen zu stellen.

Im Gegensatz zu einem "Baum", wo der Suchprozess, wenn er einem Ast folgt, nie mehr an die gleiche Stelle zurückkehren kann, ist es in einem solch allgemeineren Problemraum durchaus möglich, dass die Suche im Kreis herumgeht. Ein solcher Kreis wäre hier z.B. (C,A,B,C), der folgenden "Überlegung" entspricht: "Um C herauszufinden, braucht es A; um A herauszufinden, braucht es B; und um B herauszufinden, braucht es C". Solche Kreise, die durch das mehrmalige Anwenden der gleichen Relation entstehen, sind in den Zahlenquadratproblemen immer enthalten und entsprechend wurde der interne Modellbauer bereits von Anfang an so ausgerüstet, dass er erkennt, wenn er in eine durch einen solchen Kreis verursachte Schleife gerät.

Man kann nun im Rahmen unserer Kommunikationsprobleme zwei verschiedene Arten solcher Kreise unterscheiden. Die einen Kreise liegen ganz innerhalb des Wissens eines Partners, so wie eben hier (C,A,B,C) ("Intra-Zirkel"). Betrachtet man aber das ganze dem Gesprächspartner zugängliche Wissen, dann kann es auch Kreise geben, die nur dadurch Zustandekommen, dass das Wissen der Partner kombiniert wird (vgl. Figur 14; sie enthüllt das kombinierte Wissen der Partner aus Abschnitt 3.2; Knoten ohne Apostroph gehören zum Wissen von MINC; Knoten mit Apostroph zu dem des GAST; Knoten, zu denen im Wissen des einen oder anderen keine Relation gehören, sind der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet). In Figur 14 wäre (C,A,A1.H',E1,E,C) ein solcher Kreis ("Inter-Zirkel"). Im Gegensatz zu den Intra-Zirkeln gibt es bei den Zahlenquadrat-Problemen viele Probleme ohne Inter-Zirkel. Wie man sich leicht überlegt, sind nur die Inter-Zirkel im Rahmen der Kommunikation der beiden Partner problematisch.



Figur 14: Beispiel eines UND/ODER-Graphen mit „Inter-Zirkel“

Wenn wir nun die Schwierigkeiten betrachten wollen, die sich bei unlösbaren Problemen ergeben, dann können wir wieder gleich vorgehen, wie zu Beginn des Teils II. Wenn nämlich gilt, dass ein Problem genau dann lösbar ist, wenn es im "zusammengesetzten" Wissen der beiden Partner lösbar ist (vorausgesetzt die Sprache ist reich genug), dann gilt natürlich auch, dass ein Problem genau dann nicht lösbar ist, wenn es im "zusammengesetzten" Wissen nicht lösbar ist (wieder eine ausreichende Sprache vorausgesetzt). Folglich können wir auch hier zuerst einmal die Schwierigkeiten, die unlösbare Probleme bieten, im "zusammengesetzten" Wissen studieren.

Betrachten wir zuerst den Fall, wo der Graph des Wissens keine Zirkel enthält. In diesem Fall ist es nicht notwendig, darauf zu achten, wo der Suchprozess überall durchführt, wie dies notwendig wäre, um Schleifen zu vermeiden. Der Suchprozess muss bei jedem Subziel (==Knoten) nur gerade wissen, welches das unmittelbar vorangehende Ziel/Knoten war, damit allfällige Resultate "nach oben" weitergegeben werden können. Da wir davon ausgehen, dass das Problem unlösbar ist, wird es nun geschehen, dass der Prozess immer wieder das Ende eines toten Astes erreicht und dieser Ast also kein Resultat zur Lösung des Problems beitragen kann. Damit es möglich ist, zu erkennen, dass das Problem als Ganzes unlösbar ist, muss dass auch dieser Misserfolg als eine Art Resultat nach oben weitergegeben werden. Denn nur, wenn an zentraler Stelle, d.h. beim Hauptziel, die Information gesammelt wird, dass alle möglichen Wege in Sackgassen führen, ist es möglich, nachzuweisen, dass das Problem unlösbar ist. Zusammenfassend kann man also sagen, dass bei unlösbaren Problemen ohne Zirkel der Prozess "von oben nach unten" jeweils den unmittelbaren Vorgänger jedes Knotens mitnehmen muss und dass "von unten nach oben" entweder positive oder negative Resultate zurück gelangen.

Das gleiche gilt auch für lösbare Probleme ohne Zirkel, die "depth-first" abgesucht werden. Denn im Gegensatz zum "breadth-first" Vorgehen kann es dabei geschehen, dass der Prozess in eine Sackgasse gelangt und dass ein "back-tracking" notwendig wird, um aus dem toten Ast zu gelangen,

In Graphen mit Zirkeln ist die Sache etwas komplexer. Hier ist es bei unlösbaren Problemen - aber auch beim "depth-first" Suchen - unbedingt notwendig, dass erkannt wird, wann der Suchprozess in eine Schleife gerät. Eine Schleife tritt genau dann auf, wenn ein Knoten zu seinem eigenen Subziel wird. Damit der Suchprozess dies erkennen kann, muss er bei jedem Knoten, den er frisch expandiert, wissen, welche Geschichte von Zielen und Subzielen zu diesem Knoten geführt hat» Folglich muss der Prozess "von oben nach unten" nicht nur den direkten Vorgänger jedes Knotens mitnehmen, sondern die gesamte Ableitungsgeschichte» Entdeckt er dann bei der Expansion eines Knotens in Subziele, dass eines der möglichen Subziele schon einmal in der Ableitungsgeschichte des Knotens vorkommt, kann er dieses, bzw. die Relation, die zu ihm führt, einfach als nicht existent ignorieren.

Auch hier wird der Prozess natürlich immer wieder in Sackgassen geraten. Diese können "absolute" Sackgassen sein, in dem Sinn, dass vom entsprechenden Knoten keine weiterführende Relation existiert, d.h. Sackgassen, wie sie auch in Problemen ohne Zirkeln vorkommen. Daneben gibt es in Problemen mit Zirkeln auch noch Sackgassen, die dadurch Zustandekommen, dass von einem Knoten aus alle weiterführenden Relationen nicht benutzt werden können, weil sie in eine Schleife führen würden. Betrachten wir in Figur 14 Prozesse, die von C ausgehen, dann ist C' (sofern GAST es nicht kennt) eine absolute Sackgasse. Läuft der Prozess hingegen von C über A nach B, dann wird B (sofern GAST es nicht kennt) zu einer durch eine drohende Schleife verursachten Sackgasse. Selbstverständlich muss der Suchprozess in beiden Fällen diese Information nach oben zurückgeben.

In Graphen ohne Zirkel kann bei einem Suchprozess, der von einem Hauptziel ausgeht, jeder Knoten höchstens einmal vorkommen. Die Information, die er zur Lösung beitragen kann, nimmt der Suchprozess "nach oben" mit, und damit ist der Knoten nicht mehr von Interesse. In Graphen mit

Zirkeln muss man aber damit rechnen, dass Knoten, auch ohne dass daraus Schleifen entstehen, auf verschiedenen Wegen mehrmals angegangen werden. Ist dies der Fall, dann ist es praktisch, wenn die Information, die zu einem Knoten gesammelt wird, an dieser Stelle permanent zur Verfügung steht, so dass, wenn der Prozess später wieder einmal bei diesem Knoten vorbeikommt, Arbeit gespart werden kann. Ist diese Information ein definitives Resultat, stellt es kein Problem dar, dieses Resultat mit dem Knoten verbunden abzuspeichern. Denn solch ein Resultat hat - Widerspruchsfreiheit des Problems vorausgesetzt — immer Gültigkeit, egal aus welcher Richtung der Suchprozess auf diesen Knoten trifft. Etwas komplexer ist die Sache, wenn ein Knoten sich als Sackgasse erweist. Hier hängt die Information, die mit dem Knoten verbunden werden kann, davon ab, ob es sich um eine absolute Sackgasse handelt oder eine, die durch eine Schleife hervorgerufen wurde.

Führt eine Kante von einem Knoten aus in eine absolute Sackgasse, dann ist es, egal auf welchem Weg der Suchprozess zu diesem Knoten gelangt, immer unnötig, dass er über diese Kante weitergeht. In Figur 14 führt die Verbindung von C nach C1 in eine absolute Sackgasse. Hat MINC das einmal festgestellt, dann kann er jedes mal, wenn er in Zukunft beim Knoten C vorbeikommt, diese Relation ignorieren. D.h. es kann definitiv zum spätem Gebrauch bei jedem Knoten gespeichert werden, welche Kanten, die vom ihm weg führen, unbrauchbar sind, d.h. er kann diese Kanten sperren. (Und zwar gilt das nicht nur für die Kanten, die direkt in eine Sackgasse führen, sondern auch für alle anderen Kanten, die mit solch einer Kante durch eine UND-Verbindung gekoppelt sind.)

Trifft der Suchprozess dann auf einen Knoten, bei dem alle weiterführenden Kanten gesperrt sind, dann wird der Knoten selbst zur Sackgasse, und er kann die Kante, die ihn zu diesem Knoten führte, bei dem Knoten, von dem sie ausging, ebenfalls sperren. Auf diese Art und Weise werden definitive Sackgassen langsam "nach oben" gegeben. Im Gegensatz zum bisherigen Vorgehen, muss der interne Modellbauer also nicht Knoten als Sackgasse kennzeichnen, sondern Kanten. Damit ist auch dem im Abschnitt 3.2 behandelten Problem Rechnung getragen, dass dadurch entstand, dass ein Knoten als Sackgasse gekennzeichnet wurde.

Kann der Suchprozess hingegen, wenn er aus einer bestimmten Richtung kommt, eine Kante nicht benutzen, weil sie in einen Zirkel führt, liegt eine etwas andere Situation vor. Er kann diese Kante nicht einfach sperren, denn wenn der Prozess das nächste Mal zum gleichen Knoten kommt, kommt er aus einer anderen Richtung, und dann muss dieselbe Kante nicht automatisch wieder in einen Zirkel führen. Betrachten wir zur Illustration in Figur 14 einen Prozess, der von E ausgeht. Er kann z.B. über C nach B und A laufen. Die Kante von A nach C kann nun natürlich nicht benutzt werden, da sie in eine Schleife führt. Später könnte der gleiche Prozess von E über E', H1 und A* wieder nach A gelangen. Nun ist ein Weitergehen über C durchaus möglich und könnte z.B. bei G und F zu einer Lösung führen.

Ob eine Kante, die einmal in eine Schleife geführt hat, wieder in eine Schleife führt, wenn der Suchprozess aus einer anderen Richtung kommt, kann nur entschieden werden, wenn bekannt ist, ob irgendein Ziel, von dem der Prozess dieses Mal herkommt, als Subziel wieder auftritt, wenn man über diese Kante weiterfährt. Ein Teil dieser möglichen Subziele liegt auf dem Zirkel, der früher einmal den Suchprozess an dieser Stelle gebremst hat. Ist dieser Zirkel gespeichert, können wenigstens diese Subziele getestet werden. Dies ist zwar kein absoluter Test, ob die Kante brauchbar ist; er kann aber doch einige Sucharbeit ersparen.

Zusammengefasst heisst das, dass es bei Problemen mit Zirkeln notwendig ist, dass "von oben nach unten" die ganze Ableitungsgeschichte mitgegeben wird. "Von unten nach oben" müssen entweder definitive Resultate oder Sackgassen - seien sie absolut oder durch eine Schleife verursacht - zurückgegeben werden. Dabei kann man sich v.a. in sehr stark vernetzten Problemen, d.h. in Graphen mit vielen Zirkeln, einige Arbeit sparen, wenn man bei den Knoten definitive Resultate oder durch absolute Sackgassen unbrauchbare Relationen oder ganze Zirkel, auf denen die Knoten liegen, zum allfälligen Gebrauch speichert.

Soweit die Situation, wie sie sich im "zusammengesetzten" Wissen präsentiert. Betrachten wir nun wieder die Situation mit zwischengeschalteter Kommunikation, d.h. verteilen wir das Wissen, das wir zwecks besserer Übersicht in einen Graphen verpackt hatten, wieder auf zwei Partner. Und nehmen wir an, dass sich die beiden Partner über die Inhalte aller slots verständigen können, dass also rein sprachlich keine Probleme bestehen. Wie leicht einzusehen ist, ändert, ob das Wissen nun auf zwei Partner verteilt ist oder nicht, nichts an der minimalen Information, die durch den Suchprozess weitergegeben werden muss. D.h. genau das gleiche, was der Suchprozess an Information mitnehmen muss, müssen sich die beiden Partner auch mitteilen, wenn der Lösungsprozess (über Frage und Antwort) vom einen zum anderen wechselt. Ein einziger kleiner Unterschied besteht darin,

dass Intra-Zirkel nur den internen Lösungsprozess jedes einzelnen Partners angehen, also im Gespräch nicht berücksichtigt werden müssen. Enthält ein Problem? also keine Inter-Zirkel, dann können sich die beiden Partner im Gespräch so verhalten, als gäbe es keine Zirkel.

Enthält ein Problem nun keine (Inter-)Zirkel, dann muss, wie gesagt, "von oben nach unten" der Suchprozess immer den unmittelbaren Vorgänger jedes Knotens mitnehmen. Wechselt der Prozess "von oben nach unten" den Gesprächspartner, dann heisst das, dass eine Frage gestellt wird. Der der Frage vorangehende Knoten ist der Knoten, der die Frage auslöst, also der slot, den es zu füllen gilt. Eine einfache Frage nach einem slot enthält also immer gerade die Information darüber, wer sie ausgelöst hat, nämlich die Bezeichnung des slots. Kommt der Prozess "von unten nach oben" zurück, dann wird entweder ein Resultat weitergegeben (der Inhalt des entsprechenden slots), d.h. es erfolgt eine Aussage als Antwort auf die Frage oder es wird gemeldet, dass der Weg über diesen slot in eine Sackgasse führt, d.h. dass die Frage definitiv nicht beantwortet werden kann. Damit wären die minimalen Elemente der für Probleme ohne Inter-Zirkel notwendigen Sprache genannt: Einfache Frage zu einem slot, einfache Aussage über einen slot und Metaaussage darüber, dass eine Frage nicht zu beantworten ist.

Diese Sprache genügt allerdings nur, wenn die beiden Partner sich an ein ganz bestimmtes Dialogspiel halten, das im wesentlichen durch die Regel gekennzeichnet ist, dass ein Partner, wenn er eine Frage nicht sofort beantworten kann (oder sofort weiss, dass er sie sicher nicht beantworten kann), mit einer Gegenfrage weiterfahren muss. Halten sie sich an dieses Vorgehen, dann müssen wir die Möglichkeit auf eine Frage mit "das weiss ich im Moment noch nicht" antworten zu können, nicht in der Sprache vorsehen. Das Vorgehen der beiden Partner entspricht dann einem "depth-first" Prozess. Will man die beiden aber in ihrem Gespräch nicht schon durch die Sprache in der Wahl der Strategie einschränken, dann muss "ich weiss noch nicht" explizit in die Sprache aufgenommen werden und nicht nur implizit im Dialogspiel. Ebenso muss dann natürlich auch das Dialogspiel so erweitert werden, dass ein willkürlicher Wechsel der Rolle möglich ist (so wie das ja schon bei den lösbaren Problemen notwendig war, um einen "breadth-first" Prozess zu ermöglichen).

Bei Problemen mit Zirkeln muss die Sprache, entsprechend der Tatsache, dass der Suchprozess mehr Kontrollinformation benötigt, etwas reicher sein. "Von oben nach unten", d.h. wenn eine Frage gestellt wird, ist es notwendig, dass der Fragende die ganze Ableitungsgeschichte seiner Frage mitteilen, d.h. bis hinauf zum Hauptziel "begründet", über welche Stationen er zu dieser Frage kommt. "Von unten nach oben" dagegen benötigen die beiden Gesprächspartner grundsätzlich in einer minimalen Variante nicht mehr Information als ohne Zirkel, sofern sie sich wieder an ein "depth-first" Vorgehen halten. Allerdings müssen sie sich der Tatsache bewusst sein, dass die Antwort, eine Frage sei nicht zu beantworten, immer nur im ganz speziellen "Begründungszusammenhang", in dem die Frage gestellt wurde, richtig ist. Kommt der Fragende in einem anderen Zusammenhang wieder auf die gleiche Frage, dann muss er sie nochmals stellen. Natürlich ist das unpraktisch, wie auch die Einschränkung auf eine bestimmte Strategie, und deshalb sind auch hier sicher Erweiterungen dieser minimalen Sprache aus pragmatischen Gründen angebracht» Darauf kommen wir im nächsten Abschnitt zu sprechen.

Zusammenfassend sind die Resultate über die minimal notwendigen Sprachen in Tabelle I dargestellt. Vorausgesetzt ist dabei immer, dass sich die beiden Partner über alle "relevanten" slots unterhalten können.

Tabelle I: Sprachtypen in Abhängigkeit der Problemart und der Art des Suchprozesses

		Art des Suchprozesses	
		depth-first	nicht depth-first
Lösung vorhanden	Schlaufen nicht möglich	1	2
	Schlaufen möglich	3	2
Lösung nicht vorhanden	Schlaufen nicht möglich	1	4
	Schlaufen möglich	3	5

1	2
Sprachelemente: - einfache Frage - positive Antwort - negative Antwort Dialogablauf: - Weiter-Frage, wenn keine Antwort möglich	Sprachelemente: - einfache Frage - positive Antwort - vorläufig negative Antwort Dialogablauf: - beliebige Folge von Fragen und Antworten, bei denen jeder Ast früher oder später zum Zug kommt
3	4
Sprachelemente: - begründete Frage - positive Antwort - negative Antwort Dialogablauf: - Weiter-Frage, wenn keine Antwort möglich	Sprachelemente: - einfache Frage - positive Antwort - vorläufig negative Antwort - negative Antwort Dialogablauf: - beliebige Folge von Fragen und Antworten, bei denen jeder Ast früher oder später zum Zug kommt
	5
	Sprachelemente: - begründete Frage - positive Antwort - vorläufig negative Antwort - negative Antwort Dialogablauf: - beliebige Folge von Fragen und Antworten, bei denen jeder Ast früher oder später zum Zug kommt

4.2 Erweiterung der Sprache

1. Theoretisch notwendige Erweiterungen
2. Pragmatisch begründete Erweiterungen
3. "Psychologisch" begründete Erweiterungen

Die gemachten Beobachtungen sowie die Überlegungen des Vorgehenden Abschnitts zeigen, dass die weiter oben formulierte minimale Sprache doch etwas zu "minimalistisch" war. Es ergeben sich aus theoretischer wie pragmatischer Sicht neue Anforderungen an sie.

4.2.1 Theoretisch notwendige Erweiterungen

Die von uns bisher verwendete Sprache war vom Typ 4. Damit sind in ihr sämtliche Probleme behandelbar, die nicht gleichzeitig unlösbar sind und Zirkel enthalten (mit Zirkeln allerdings nur "breadth-first"). Wollen wir, dass alle Probleme erfasst werden, müssen wir sie zum Typ 5 aufstocken, d.h. begründete Fragen einführen.

Prinzipiell muss die Begründung einer Frage die ganze Ableitungsgeschichte aus dem Hauptziel enthalten, d.h. von einer Zielliste begleitet sein, die alle Zwischenschritte von der Frage bis zum Hauptziel enthält. Für den Einbau in die Simulation lässt sich das dadurch lösen, dass jede Frage nicht mehr nur eine "Bezeichnung" enthält, sondern eine ganze Liste von "Bezeichnungen". Also z.B.

"A5 B4 C6 E4 ?"

als Frage nach "A5", die sich über "B4" und "C6" vom Hauptziel "E4" ableitet.

Sind allerdings beide Partner "auf dem laufenden", d.h. haben beide den Suchbaum, so wie er dem momentanen Stand des Gesprächs entspricht, irgendwie selbst wieder repräsentiert, dann genügt in nicht allzu exotischen Fällen als Begründung einer Frage die Ableitungsgeschichte seit der letzten Frage, zu der die neue Frage Subziel ist. Der Partner sollte dann in der Lage sein, die restliche

Ableitungsgeschichte zu ergänzen. Haben also z.B. beide Partner für sich repräsentiert, dass der Suchbaum momentan von "E4" über C6 bis "B4" geht, dann genügt es, wenn die Frage die Form

"A5 B4 ?"

hat, damit der Gefragte sich die "vollständige" Frage ergänzen kann. Nur wenn das Problem Zirkel enthält, kann es sein, dass weitere Informationen notwendig sind, um zwischen verschiedenen möglichen Ableitungen zu wählen.

Wir haben hier die gleiche Situation wie bei der erstmaligen Einführung des Dialogmodells. Damals ermöglichte das Dialogmodell, dass der Lehrer beim Beantworten einer Frage weglassen konnte, auf welche Frage er antwortet, da der Lerner "auf dem laufenden" war, Repräsentieren die beiden Partner nun bei sich den ganzen Suchbaum, so entspricht dies einem stark erweiterten Dialogmodell, das das ganze Gespräch umfasst. Und dieses erweiterte Dialogmodell wiederum erlaubt es, bei den Fragen Teile der Begründung wegzulassen.

Bei positiven Antworten ändert sich durch die Einführung der begründeten Frage nichts, denn sie sind unabhängig von der Begründung der Frage. Anders liegt der Fall bei vorläufig und definitiv negativen Antworten. Da es denkbar ist, dass eine bestimmte Frage mehrmals in verschiedenen Begründungszusammenhängen auftaucht, kann es sein, dass sie in einem Fall noch offen ist, wogegen sie sich in einem anderen schon als Sackgasse erwiesen hat. Deshalb muss es auch hier möglich sein, Antworten zu "begründen", d.h. anzugeben, auf welche Frage sie sich genau beziehen. Meistens wird auch hier der Suchbaum als umfassendes Dialogmodell es ermöglichen, dass nicht alles explizit gesagt werden muss.

Damit sollten alle Probleme, die sich als UND/ODER-Graphen beschreiben lassen, von den beiden Dialogpartnern behandelt werden können. Da diese Erweiterung der Sprache natürlich nur sinnvoll ist, wenn sie auch benutzt wird, ergibt sich daraus eine weitere Gesprächsregel, die dies garantieren könnte:

- Alle Fragen sind so zu begründen, dass dem Partner klar ist, über welche Zwischenstufen ihre Beantwortung zum Erreichen des Hauptziels beiträgt. Das gleiche gilt für die Antworten.

Und da anzunehmen ist, dass es sehr ermüdend ist, diese ganzen Begründungen immer explizit zu machen, können wir den Gesprächspartnern auch vorschlagen, dass

- es sinnvoll ist, sich den ganzen Dialog in Form eines Suchbaums schriftlich festzuhalten.

4.2.2 Pragmatisch begründete Erweiterungen

Möglich Antworten auf die Fragen sind immer noch positive, vorläufig negative und negative Antworten, Diese Antwortmöglichkeiten genügen theoretisch. Aber eine Unterhaltung, die sich mit ihnen begnügen muss, wird unter Umständen nicht gerade sehr effizient sein. Liegt ein Problem mit mehreren Inter-Zirkeln vor, dann kann es sein, dass ein Partner die gleiche Frage immer wieder in einem anderen Zusammenhang stellen muss, obwohl der andere, unabhängig von allen drohenden Zirkeln, wirklich nichts dazu zu sagen weiss. Dies kann man verhindern, indem die negativen Antworten etwas informativer gestaltet werden.

In Abschnitt 4.1 haben wir festgehalten, was im allgemeinsten Fall bei den einzelnen Knoten an Information definitiv gespeichert werden kann. Es waren dies: Das Resultat, wenn ein solches vorliegt; die Relationen, die in absolute Sackgassen führen; und die Zirkel, auf denen der Knoten liegt. Diese Informationen kann man auch sprachlich nutzen. Bisher ist es so, dass der Partner, wenn in einem bestimmten Begründungszusammenhang alle Relationen, die von einem Knoten wegfuhr, entweder absolute Sackgassen sind oder auf einem Zirkel liegen, in jedem Fall eine (begründete) definitiv negative Antwort erhält, unabhängig davon, ob ein Zirkel dazu beigetragen hat oder nicht» Führen aber alle Relationen in absolute Sackgassen, dann heisst das, dass er auf diese Frage tatsächlich nicht mehr zurückzukommen braucht, im Gegensatz zum Fall, wo eine Relation in einen Zirkel führt. Dann kann die gleiche Frage in einem anderen Begründungszusammenhang durchaus sinnvoll sein.

Von daher ist es praktisch, wenn nur im ersten Fall eine definitiv negative Antwort gegeben wird; und im zweiten Fall dagegen eine negative Antwort, die gleichzeitig die Information enthält, welcher Zirkel dazu geführt hat. Es ist also praktisch zwischen negativen, vorläufig negativen und "Zirkel"-Antworten zu unterscheiden. Diese Unterscheidung führt zu einem weiteren Sprachtyp (Typ 6). Eine rudimentäre Implementation findet sich im Anhang D.

Da man einem Problem aber im allgemeinen nicht ansieht, von welchem Typ es ist - d.h. ob lösbar oder nicht, ob mit Inter-Zirkel oder nicht -, kann man sich fragen, ob es sinnvoll ist, immer gleich von

Anfang an den ganzen sprachlichen Apparat zu benutzen, also z.B. jede Frage zu begründen. Wenn das Problem einfach und lösbar ist, ist dieser Aufwand ja unnötig. Eine Alternative dazu wäre es, zuerst einmal mit einer reduzierten Sprache zu beginnen (z.B. Typ I und depth-first) und zu sehen, wie weit man kommt. Erweist sich dann das Problem als komplexer, kann man nochmals von vorne beginnen und eine elaboriertere Sprache verwenden. Um dies zu verwirklichen, müsste aber die Sprache um ein ganzes Dialog-Spiel erweitert werden, das es gestattet, die zu wählende Strategie auszuhandeln.

4.2.3. "Psychologisch" begründete Erweiterungen

Welche sprachlichen Erweiterungen notwendig wären, um das Gefühl fehlenden Kontakts, „das die GAESTE MINC gegenüber verspürten, aufzuheben, ist nicht so klar, da nicht bekannt ist, ob ihre Forderungen auf die spezielle Situation zurückzuführen sind oder in einer Mensch-Mensch-Interaktion auch ihre Gültigkeit hätten.

Eine der Forderungen, nämlich die nach der Möglichkeit, über die Ziele, die hinter einzelnen Fragen stehen, reden zu können, hat sich unterdessen allerdings auch als von der Sache her begründbar erwiesen.

Dass dem eigentlichen Gespräch eine Dialogeröffnung vorangehen sollte,

scheint mir einleuchtend. Eine solche Eröffnung schafft aber nur die Voraussetzungen, die im Rahmen dieser Arbeit als gegeben angenommen werden, nämlich dass die beiden Partner willens sind, kooperativ an einem gemeinsamen Problem zu arbeiten. Sie liegt also ausserhalb der hier betrachteten Probleme.

Offen bleibt hingegen der Wunsch der GAESTE, auch explizit über die Relationen sprechen zu können (implizite Informationen ergeben sich ja aus den Begründungen). Von der Sache her ist das nicht notwendig. Und ich könnte mir durchaus vorstellen, dass es den Dialog erschwert, wenn explizit darüber gesprochen wird, warum einer der Partner auf die Idee kommt, aus einem Ziel ein bestimmtes Subziel abzuleiten. V.a. dann, wenn es sich bei diesen Relationen um schwer verbalisierbares Wissen handelt. Auch ist es möglich, dass dieser Wunsch nur aus dem Bedürfnis entstand, die Situation vollständig zu kontrollieren, da die GAESTE sich der Kooperation von MINC nicht so sicher waren. Ich möchte diesen Punkt daher offen lassen und abwarten, was die Mensch-Mensch-Interaktionen im dritten Teil bringen.

5. Zusammenfassender Überblick über Teil II

Damit möchte ich den zweiten Teil, d.h. die Mensch-Maschine-Interaktion, abschliessen.

Der zweite Teil hat vor allem drei Dinge gebracht. Zum ersten einmal eine vertiefte Einsicht in die formalen Strukturen des Zirkels von Frage und Gegenfrage beim hier betrachteten Problemtyp und, daraus abgeleitet, eine theoretisch begründbare Strategie, die sich auch als eine Sammlung von Gesprächsregeln darstellen lässt.

Zum zweiten brachte er eine Sammlung von Minimal Sprachen, wie sie notwendig sind, um bestimmte Untertypen der hier betrachteten Probleme zu lösen. Aus dieser Sammlung geht hervor, dass Sprache, Problemtyp und Lösungsstrategie eng miteinander verbunden sind, ja dass die Sprache, wenn man nur den Problemlöse-Aspekt der Kommunikation betrachtet, genau die Information übermitteln muss, die ein "interner" Problemlöseprozess ebenfalls von Knoten zu Knoten des Suchbaums mitnehmen muss. Auch hier lassen sich Gesprächsregeln ableiten, die sichern können, dass die Gesprächspartner eine reich genüge Sprache verwenden.

Und zum dritten haben wir einige Vermutungen über die Struktur typischer Alltagsprobleme sammeln können. Daraus ergeben sich Erwartungen, welche Schwierigkeiten menschliche Kommunikationspartner vor allem haben werden, wenn sie mit komplexeren Aufgaben konfrontiert werden. D.h. es lässt sich ableiten, welche möglichen, aufgrund der theoretisch sinnvollen Strategie, ableitbaren Gesprächsregeln tatsächlich wichtig sind, d.h. menschlichen Gesprächspartnern etwas Neues bringen.

Die Vermutungen zum dritten Punkt sind natürlich rein spekulativer Natur und müssen sich zuerst bestätigen. Dabei interessiert weniger, welche Struktur typische Alltagsprobleme wirklich haben, sondern vielmehr, ob es tatsächlich relevante Probleme gibt, auf die unser Modell anwendbar ist, und wo unsere Regeln den Gesprächspartnern weiterhelfen.

Unseren jetzigen Stand des Wissens können wir somit in folgenden Regeln zusammenfassen:

1. Jeder Partner muss bei jedem Subziel die Möglichkeit, eine Frage zu stellen, berücksichtigen.
2. Jede Frage muss aufgegriffen und weiterverfolgt werden.
3. Jede Wissensänderung ist dem Partner mitzuteilen.
4. Auf offene Fragen muss man periodisch zurückkommen.

Diese vier Regeln ergeben sich aus der für einen erfolgreichen Problemlöseprozess notwendigen Strategie. Zwei weitere Regeln dienen dazu, die notwendige Sprache zu sichern:

5. Bei jeder negativen Antwort ist zwischen definitiv und vorläufig unbeantwortbaren Fragen zu unterscheiden (eventuell noch zwischen absoluten Sackgassen und Zirkeln).
6. Alle Fragen und negativen Antworten sind vollständig zu begründen.

Und als Hilfe zur Vermeidung komplexer Begründungen können wir noch vorschlagen:

7. Der Dialog wird am besten in Form eines UND/ODER-Graphen schriftlich festgehalten.

TEIL III

MENSCHEN UNTER SICH

1. Ein Zwei-Personen-Kommunikationsspiel
2. Wie gut lassen sich Alltagssituationen und nicht mehr ganz alltägliche Probleme mit dem Modell abbilden?
3. Die praktische Anwendung des Modells in nicht-trivialen Alltagssituationen

Nachdem wir unser Problem unter den Aspekten der Computer-Computer bzw. der Mensch-Computer-Kommunikation betrachtet haben, gehen wir nun also zur Mensch-Mensch-Situation über, die ja den eigentlichen Anwendungsfall unseres Modells darstellt.

Anhand der ersten beiden Situationen konnten wir uns einen gewissen, v.a. theoretischen Einblick in die Strukturen des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels verschaffen. Es stellen sich nun mehr empirische Fragen. Eine erste solche Frage betrifft den möglichen Anwendungsbereich unseres Modells. Und zwar sind hier im wesentlichen zwei Aspekte von Bedeutung:

- Einmal haben wir mit dem Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel eine ganz spezielle mögliche Ursache von Schwierigkeiten herausgegriffen und analysiert. Diese Analyse ist aber nur dann für Alltagssituationen relevant, wenn die mit diesem Zirkel verbundenen Schwierigkeiten in Alltagsproblemen überhaupt eine Rolle spielen. Als erste Hinweise darauf, dass dies tatsächlich der Fall sein könnte, können wir die Art und Weise betrachten, wie die GAESTE ihre Aufgaben angegangen sind. Verhalten sie sich in Alltagssituationen entsprechend, dann werden sie auch dort bei Problemen Schwierigkeiten haben, die ineinandergeschachtelte Zirkel auf weisen. Bisher wissen wir aber noch nicht, ob das an den GAESTEN beobachtete Verhalten nur speziell für die GAST-MINC Situation typisch ist oder ob es auch in der Mensch-Mensch-Interaktion auftritt. Als erste weitere Untersuchung bietet es sich deshalb an, die gleichen Probleme, die MINC und GAST zu bewältigen hatten, mit zwei menschlichen Partnern durchzuspielen und zu beobachten, ob die gleichen Verhaltensweisen wieder auftreten (1.2). Ist das der Fall, dann können wir einen Schritt weitergehen und das Verhalten der Dialogpartner bei "alltäglicheren" Aufgaben ebenfalls im Hinblick auf diese inadäquaten Verhaltensweisen untersuchen.
- Einen zweiten Punkt, bei dem es zu überprüfen gilt, wie gross der Anwendungsbereich des Modells ist, stellen die bezüglich der hier untersuchten Problemtypen gemachten Einschränkungen dar (Teil II, 1.1). Die bisher verwendeten Zahlenquadrat-Probleme genügen diesen Einschränkungen. Nicht geklärt ist jedoch, ob sich neben diesen Problemen noch andere alltäglichere Probleme von einigem Interesse finden lassen, die ebenfalls in dieses Raster passen. Um dies abzuklären, werde ich als ein erster Schritt versuchen, einige Alltagssituationen beispielhaft auf ihre Struktur hin zu analysieren (2.). Dabei sollte sich unter anderem auch zeigen, ob allenfalls durch Modifikationen des Modells der Geltungsbereich ausgeweitet werden kann. Wieweit dann aber das Modell wirklich anwendbar ist, kann nur seine wirklich Anwendung, d.h. die Anwendung der daraus resultierenden Regeln , zeigen (3.3)

Neben dieser ersten Frage nach dem möglichen Anwendungsbereich des Modells stellt sich eine zweite, nämlich die, wieweit die bisher v.a. theoretisch begründeten Regeln in Situationen, die zum Anwendungsbereich des Modells gehören, praktisch brauchbar sind. Hier gilt es drei Punkte zu untersuchen.

- Erstens einmal stellen die Regeln bisher immer noch eine theoretisch zwar begründbare, aber doch recht zufällige Auswahl aus der Menge der möglichen Regeln dar, die sich überhaupt aus der Struktur des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels ableiten lassen. Wenn auch das beobachtete Verhalten der GAESTE Hinweise dafür liefert, dass die Regeln z.T. tatsächlich an kritischen Punkten einhaken (z.B. bei der Unterscheidung von "definitiv" und "nicht definitiv unbekannt"), könnte es durchaus sein, dass einige davon in der Mensch-Mensch-Interaktion spontan angewendet, also trivial sind. Eine erste Information darüber können wir ebenfalls erhalten, indem wir Menschen bei den gleichen, wie in der GAST-MINC Interaktion verwendeten Problemen beobachten (1.2). Anschliessend wird es dann auch hier als zweiter Schritt notwendig sein, diese Beobachtung in anderen Situationen zu wiederholen.
- Zum zweiten kann es nicht nur sein, dass Regeln, die wir formuliert haben, sich als trivial erweisen, sondern auch umgekehrt, dass Aspekte des Zirkels, die wir bisher nicht speziell beachtet haben, für die praktische Anwendung sehr wohl wichtige Regeln abgeben. Ein erster

Versuch etwas über nützliche Strategien im Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel zu erfahren, das über unsere Simulation hinausgeht, stellte die Analyse der von den GAESTEN verwendeten Strategien dar. Diese Analyse hat aber nicht viel eingebracht, da diese Strategien sich allesamt als nicht besonders angemessen erwiesen. Um hier mehr Information zu erhalten, wird es deshalb notwendig sein, Menschen Gelegenheit zu geben, sich so lange mit den Zahlenquadraten zu beschäftigen, bis sie adäquate Strategien entwickeln. Die von diesen Experten entwickelten Strategien können dann darüber Aufschluss geben, welche Regeln zusätzlich noch formuliert werden sollten (1.3).

- Haben wir dann einen Katalog von Regeln, von dem wir annehmen können, dass er einigermaßen erschöpfend und nicht trivial ist, stellt sich die letzte Frage, nämlich ob diese Regeln wirksam sind. Sind sie es, dann sollten Paare, die die Regeln anwenden, bei gleichen Voraussetzungen im Schnitt besser zu einer Lösung gelangen, als solche, denen die Regeln nicht bekannt sind.

Kurz zusammengefasst geht es also in diesem dritten Teil darum, festzustellen, ob sich Alltagssituationen finden lassen, für die das Modell relevant ist (d.h. die von der Struktur her durch das Modell abbildbar sind, und wo Probleme im Zusammenhang mit dem Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel eine Rolle spielen), gleichzeitig die Regeln zu vervollständigen und von trivialen Vorschriften zu befreien und dann zu prüfen, ob sie den Situationen, auf die das Modell anwendbar scheint, auch wirksam sind.

1. Ein Zwei-Personen-Kommunikationsspiel

1. Die Spiele
2. Probleme und Wünsche der Spieler bei eingeschränkter Sprache
3. Probleme und Lösungen der Spieler bei beliebiger Sprache
4. Generelle Schlüsse aus den Erfahrungen mit den Spielen

Als erstes werden wir also mit den bisherigen Zahlenquadratproblemen fortfahren. Nur dass sich nun nicht GAST und MINC gegenüber sitzen, sondern zwei Menschen. Ich werde sie im folgenden als "Spieler" bezeichnen und die verwendeten Aufgaben als "Spiele".

Ziel dieses Abschnittes ist es, einmal anhand von Beobachtungen und Befragungen zu prüfen, inwieweit die Spieler das gleiche Verhalten zeigen, wie wir es bei den GAESTEN beobachten konnten. Sollte dies v.a. in den Punkten der Fall sein, in denen die GAESTE ein Verhalten zeigten, das den Strukturen des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels nicht angemessen war, dann würde sich die Vermutung erhärten, dass unser Modell in dem Sinn relevant ist, als der Zirkel für menschliche Kommunikationspartner echte Probleme bietet.

Zum zweiten können wir die Spiele dann dazu verwenden, Experten für den Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel herauszubilden, deren Strategien Hinweise darauf geben können, welche Regeln allenfalls neu in die Sammlung aufzunehmen sind.

1.1 Die Spiele

Als Spiele wurden, wie gesagt, im wesentlichen die gleichen Situationen verwendet, wie schon in den ersten beiden Teilen. Um aber v.a. den Spielern, die als Experten vorgesehen waren, genügend Abwechslung zu bieten und sie herauszufordern, war es notwendig, relativ komplexe Probleme zu erfinden. Die einzelnen Spiele finden sich im Anhang H (und ich kann jedem Leser nur empfehlen, das eine oder andere zu versuchen). Es befinden sich darunter Probleme mit und ohne Zirkel;

mit flachen und mit tiefen Suchbäumen; mit oder ohne Lösungen; etc., so dass es möglich war, Erfahrungen unter den verschiedensten Bedingungen zu sammeln. In allen Fällen handelt es sich um das schon bekannte Zahlenfeld. Wesentliche Neuerungen bestehen nur darin, dass einerseits bei einigen 9*9-Feldern die Repräsentation z.T. topologisch ziemlich stark verzerrt wurde, so dass sich ganz neue Relationen als "natürlich" ergaben (vgl. z.B. Spiel 3, Anhang H). Damit konnte ich erreichen, dass es für die Spieler unmöglich wurde Relationen des Partners zu erraten, ja dass sogar die Kommunikation über Relationen praktisch ausgeschlossen war. Als zweite Neuerung treten Felder von der Größe 25*25 auf. Sie führte ich ein, um einerseits "alles-fragen-alles-sagen" Strategien (Teil II, 3.3.2.1) zu verunmöglichen und um andererseits die Komplexität der Probleme so erhöhen zu können, dass sie auch für fortgeschrittene Experten noch Schwierigkeiten boten.

Die folgenden Beobachtungen und Resultate wurden an insgesamt acht verschiedenen Paaren gewonnen, die mindestens zwei und maximal vier Spiele miteinander spielten. Die Spiele dauerten jeweils etwa eine bis zwei Stunden, und alle Mitspieler (alles Akademiker) schienen von der Aufgabe begeistert zu sein. Die Spiele fanden unter zwei verschiedenen Bedingungen statt:

- a) Eingeschränkte Sprache: Zur Verständigung war nur die gleiche Sprache erlaubt, wie sie in den GAST-MINC Dialogen verwendet wurde (Typ 4, vgl. Teil I, 1.4.1)
- b) Beliebige Sprache: Erlaubt war jegliche verbale Kommunikation.

Die erste Bedingung ermöglichte einen direkten Vergleich der Gespräche mit denen aus Teil II, da sich, ausser dass die Spieler sich einem Menschen als Partner gegenüber sahen, keine Veränderungen ergaben. Sie diente also v.a. der Beantwortung der Frage, wieweit die in Teil II gefundenen Probleme spezifische Probleme der Mensch-Maschineinteraktion waren. Die zweite Bedingung dagegen führt uns endgültig vom engen Rahmen der Simulation weg und sollte v.a. den Experten ermöglichen, wirklich uneingeschränkt Strategien zu entwickeln.

1.2. Probleme und Wünsche der Spieler bei eingeschränkter Sprache

1. Nicht mehr auf getretene Probleme
2. Wieder auf getretene Probleme
3. Neue Schwierigkeiten
4. Wieder auf getretene Wünsche der Spieler an die Sprache
5. Neue Wünsche an die Sprache
6. Unterschiede zwischen der Mensch-Maschine- und der Mensch-Mensch-Situation

Ich war bei allen Gesprächen als Beobachter direkt anwesend und erstellte sofort in der Situation ein schriftliches Protokoll», was, da sich alle Spieler gut an die Spielregeln hielten, also nur die erlaubte Sprache benutzten, kein Problem war. Diese Protokolle wurden dann, analog wie im Teil 11, als Unterlagen für die Nachbefragung verwendet, so dass es möglich war, auf einzelne Abschnitte der Gespräche genauer einzugehen. Als kritische Situationen dienten hier Anzeichen dafür, dass eine der fünf im Teil 11 beobachteten Strategien auftrat (Teil II, 3.3.2). Eingeschlossen in die Nachbefragung waren zudem analog zum Vorgehen im Teil II Fragen nach den verwendeten Strategien allgemein und Fragen nach Wünschen an die Sprache. Die Nachbefragung erfolgte nach dem zweiten Gespräch.

Bei vier der acht Paare fanden die ersten beiden Spiele unter der Bedingung mit eingeschränkter Sprache statt (zwei dieser Paare spielten dann noch weitere Spiele unter der anderen Bedingung). Sie erhielten zu Beginn eine Instruktion, die genau festlegte, was sie sagen und fragen durften und was nicht. Die Dialoge, die sich daraus ergaben, sehen also ganz ähnlich aus, wie die Dialoge GAST-MINC. Es bereitete den Personen offenbar keine Mühe, sich an diese Spielregeln zu halten. Alle Spiele waren lösbar und in sieben (von acht) kamen die Spieler auch zu einer Lösung; z.T. allerdings nur nach sehr langem herumsuchen (bis 90 Minuten). Das Vorgehen wirkte auf mich als Beobachter in allen Fällen nicht sehr geplant, und die Spieler hatten am Ende auch meist Mühe anzugeben, welches die entscheidenden Schritte gewesen waren, die schliesslich zur Lösung führten.

Die Analyse der Protokolle und die Nachbefragungen zeigen, dass von den Problemen, die in der GAST-MINC Interaktion aufgetaucht waren, einige verschwanden und andere bestehen blieben. Dazu traten noch einige neue Schwierigkeiten auf.

1.2.1 Nicht mehr auf getretene Probleme

- Im Gegensatz zur GAST-MINC Situation kam es kein einziges Mal vor, dass ein "Lerner" ' die Hauptfrage nicht stellte. D.h. in allen Fällen informierte der eine Partner den anderen zuerst einmal darüber, was das eigentliche Ziel der Aufgabe war.
- Ebenso kam kein einziger Fall vor, in dem einer der Partner vollständig die Kontrolle übernahm und den anderen nur als passiven Informationslieferanten benutzte. In allen Gesprächen wechselte die Initiative, also das Recht, Fragen zu stellen, mehrmals von einem Partner zum anderen.

Dies legt die Interpretation nahe, dass diese Schwierigkeiten nur für die GAST-MINC Situation typisch sind, d.h. dass sie darauf zurückzuführen sind, dass dort einer der Partner ein Computer war,

1.2.2 Wieder auf getretene Probleme

- Nicht verschwunden ist die z.T. mangelnde Kooperation, die darin besteht, dass Fragen des Partners nicht aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Bei allen vier Paaren lassen sich aufgrund des Protokolls Fragen finden, die vom Befragten entweder gar nicht wahrgenommen worden waren oder die er dann für unwichtig gehalten hatte.

Besonders extrem war die Situation» in einem Fall, wo einer der Partner praktisch nie auf Fragen seines Gegenübers einging. Seine ganze Kooperation bestand darin, dass er ab und zu die Initiative dem anderen überliess, damit dieser seinerseits seinem Suchprozess nachgehen konnte. Erhielt er dann die Initiative zurück, fuhr er einfach an der Stelle weiter, an der er vorher aufgehört hatte, ohne auf das einzugehen, was der andere unterdessen gefragt hatte. In der Nachbefragung bestätigte er, dass für ihn die beiden Problemlöseprozesse völlig unabhängig voneinander gelaufen waren.

- Ebenfalls wieder aufgetreten ist die "alles-sagen-alles-fragen" Strategie (sowohl global, wie auf dichte Gebiete beschränkt (Teil 11,3.2.2)). Sie wurde von allen Paaren in irgendeiner Form angewendet und auch in der Nachbefragung bestätigt.

Allerdings war sie (so mein subjektiver Eindruck) wesentlich weniger auffällig dominant als in der GAST-MINC Situation. Ganz explizit durchgespielt wurde sie nur von einem Paar (global und auf einem 25*25 Feld !), das dann sehr enttäuscht war, als das Problem sich nach dem einmaligen Austausch nicht löste.

- Etwas schwierig war es festzustellen, ob das Erraten der Relationen des Partners als Strategie eingesetzt wurde. Alle Spieler gaben an, dass sie sich während des Gesprächs das eine oder andere Mal gewundert hätten, wie denn wohl die Relationen beim Partner aussehen mögen. Als eine eigentliche Strategie wollte aber keiner dieses Verfahren eingesetzt haben. Auch liess sich in den Protokollen kein Hinweis darauf finden»
- Weitaus am häufigsten kam es wieder vor, dass nicht zwischen "definitiv unbekannt" und "nicht definitiv unbekannt" unterschieden wurde. Alle Spieler verwendeten meistens nur "UNBEKANNT" (und dies obwohl die Sprache "DEFINITIV UNBEKANNT" zuliess und somit durch die Instruktion ein Hinweis gegeben war, dass diese Unterscheidung von Bedeutung sein könnte !). Eine Auswertung der Protokolle zeigt, dass die Unterscheidung nur von einem einzigen Spieler in mehr als 10% der Fälle angewendet wurde (nämlich in 27%).

Wenn ein Partner allerdings immer wieder auf der gleichen Frage insistierte, konnte er den anderen früher oder später doch noch dazu bringen, nicht nur mit "UNBEKANNT" zu antworten, sondern diese kurz zu prüfen und dann zu bestätigen, dass die Antwort "DEFINITIV UNBEKANNT" war. Dies im Gegensatz zur GAST-MINC Situation, wo oft auch wiederholtes Insistieren von MINC auf der gleichen Frage einfach als lästig abgetan wurde.

Hier scheint es sich um Probleme zu handeln, die nicht auf die spezielle Situation der Mensch-Maschine-Interaktion zurückzuführen sind. Sie könnten typisch für die verwendete Spielsituation sein, eventuell lassen sie sich aber auch verallgemeinern, d.h. eventuell handelt es sich bei diesen Schwierigkeiten tatsächlich um verbreitete Kommunikationsprobleme.

1.2.3 Neue Schwierigkeiten

Bei den neu eingeführten 25*25 Feldern war es nicht mehr ganz einfach, die Übersicht zu behalten, und so konnte es geschehen, dass manchmal falsche Werte übermittelt wurden. Solange dies unbemerkt blieb, ergaben sich daraus keine neuen Probleme für die Kommunikation. Sobald aber einer der beiden Partner den Fehler entdeckte, erwies sich die Sprache als zu eng, denn sie enthält ja keine Möglichkeiten, solche Fehler und ihre Folgen zu beheben.

Anschliessend an die Spiele wurden (wie erwähnt) beide Spieler wieder nach ihren Wünschen gefragt, die sie an eine Erweiterung der Sprache hätten. Hier traten alle Wünsche wieder auf, die wir schon im Teil II erwähnt haben, wobei sich allerdings die relative Gewichtung verschob.

1.2.4 Wieder aufgetretene Wünsche der Spieler an die Sprache

- Zwei der vier Paare äusserten auch hier den Wunsch, über die Relationen des Partners sprechen zu können. Dieser Wunsch trat also noch auf, stand aber nicht mehr so im Vordergrund wie in Teil II.

- Hingegen wünschten sich alle Spieler eine Möglichkeit, mit dem Partner über die Bedeutung einzelner Fragen reden zu können. Dabei ging es v.a. darum, klären zu können, ob die Beantwortung einer bestimmten Frage entscheidend ist oder ob noch andere Wege offen stehen. D.h. es ging ihnen um mehr als um die im Teil II als notwendig erkannte "Begründung". Jene "Begründung" enthält ja nur die Ableitungsgeschichte der Frage und keine Information über das Gewicht der Frage innerhalb des Suchprozesses. Was hier gewünscht wurde, sind Informationen, die sich heuristisch auswerten lassen.

1.2.5 Neue Wünsche an die Sprache

- Aus den beobachteten Schwierigkeiten mit der Behebung von Fehlern ergibt sich von selbst, dass es notwendig ist, die Sprache um entsprechende Möglichkeiten zu erweitern.
- Darüber hinaus wären zwei der Paare froh gewesen, sie hätten eine Möglichkeit gehabt, ganz generell das Vorgehen zu besprechen. In beiden Fällen war der Anlass zu diesem Wunsch der, dass einer der Partner das Gefühl hatte, der andere verfolge eine ineffiziente Strategie, und darum eine Strategiediskussion beginnen wollte.

Die Bedürfnisse an eine Spracherweiterung bleiben sich also (abgesehen von der Fehlerbehebungsmöglichkeit) in etwa die gleichen. Im Zentrum scheint das Bedürfnis zu stehen, Informationen auszutauschen, die zur heuristischen Planung des Suchprozesses dienen könnten.

1.2.6 Unterschiede zwischen der Mensch-Maschine- und der Mensch-Mensch-Situation

Als Unterschiede zwischen der GAST-MINC Situation und den Spielen können wir festhalten, dass die GAESTE dem MINC gegenüber nicht immer das Hauptziel bekannt gaben, seltener ihm die Initiative überliessen und seltener auf drängende Fragen reagierten.

Alle drei Unterschiede scheinen mir durch die Annahme erklärbar zu sein, dass anscheinend die Spieler ihren Mitspielern eher als die GAESTE dem MINC zutrauten, dass diese in der Lage sind, in eigener Regie ein Ziel zu verfolgen. Denn einmal ist es nur dann sinnvoll, dem Partner das Hauptziel mitzuteilen oder auch die Initiative zu überlassen, wenn dieser aus den gestellten Fragen selbständig Subziele ableiten kann und so vielleicht zu einer Antwort gelangt. Und zweitens ist es ebenfalls nur sinnvoll auf, Fragen einzugehen, wenn man annehmen kann, dass sie nicht aus der Luft gegriffen sind, sondern mit dem Hauptziel zusammenhängen. Es scheint also so, dass einige Verhaltensweisen der GAESTE nur das Resultat davon waren, dass sie dem MINC nicht allzu viel Kompetenz zutrauten.

Interessanterweise kann man aber trotzdem nicht sagen, dass die Spieler mit ihren Mitspielern besser zusammenarbeiten würden als die GAESTE mit dem MINC. Sie behandelten zwar ihre Mitspieler "symmetrisch", d.h. sie gaben ihnen die gleiche Chance, eine Lösung zu finden, wie sich selbst auch; sie schienen aber im allgemeinen nicht zu sehen, dass die Lösungsprozesse für beide Partner davon abhängen, dass der jeweils andere ihn aufgreift. In einem Fall wurde dies ja sogar explizit deutlich, in den anderen Fällen weisen die nicht beantworteten Fragen daraufhin.

1.3 Probleme und Lösungen der Spieler bei beliebiger Sprache

1. Probleme der Anfänger
2. Strategien der Experten

Als zweites kommen wir nun zu den Spielen, bei denen sich die Spieler einer beliebigen Sprache bedienen durften, d.h. die Spieler konnten sich über beliebige Themen unterhalten (Inhalte einzelner Felder, Relationen, Planung, Topologie der Spielfelder, etc.). Sie machten auch von diesen Möglichkeiten rege Gebrauch. Insgesamt fanden siebzehn solche Spiele statt.

Das Ziel der Beobachtung und Befragung bei diesen Spielen bestand v.a. darin, Informationen darüber zu sammeln, wie Experten, d.h. Spieler, die die Gelegenheit hatten, viele Spiele zu spielen, ihre Kommunikation organisieren. Diese Information sollte dann dazu dienen, allenfalls weitere Regeln abzuleiten.

Die Spieler wussten, dass von ihnen die Entwicklung von Strategien erwartet wurde. Ich liess mir nach jedem Spiel ausführlich ihr Vorgehen erklären, und nach dem letzten Spiel bat ich sie, eine Liste der für sie relevanten Strategien zu geben. Die folgenden Angaben beruhen v.a. auf diesen Informationen. Diese Befragung bezog sich also nur auf die bewusst von ihnen entwickelten

Strategien. Es wurde kein systematisches Protokoll erstellt. Ich war allerdings die meiste Zeit anwesend und notierte mir auffällige Situationen.

1.3.1 Probleme der Anfänger

Interessanterweise liess sich bei allen vier Paaren, die direkt unter dieser Bedingung begannen, recht deutlich eine "naive" Anfangsphase abgrenzen. (Da die spezielle Beobachtung einer solchen Phase nicht vorgesehen war, existieren keine Protokolle, mit denen sich Aussagen belegen lassen. Da mein Eindruck aber für alle vier Paare überraschend einheitlich war, werde ich ihn hier trotzdem festhalten.) Alle vier Paare begannen das erste Spiel relativ ungeplant und benutzten im wesentlichen nur die Möglichkeiten der beschränkten Sprache. Und auch hier war zu beobachten, dass die Partner weder systematisch auf die Fragen des anderen eingingen, noch die Unterscheidung zwischen "momentan unbekannt" und "definitiv unbekannt" trafen. Dadurch dürfte die Vermutung weiter gestützt sein, dass es sich hier um verbreitete "Alltags"-Verhaltensweisen handelt.

Bei allen vier Paaren führte dann nach einiger Zeit das ungeplante Vorgehen in eine Situation, die offenbar zu unübersichtlich wurde. Die beiden Spieler legten darauf jeweils eine längere Planungssequenz ein, bevor sie begannen, das Problem nochmals neu zu bearbeiten. Dabei war schon innerhalb des ersten Spieles, aber v.a. auch über mehrere Spiele hinweg, eine gewaltige Entwicklung der Strategien zu beobachten.

1.3.2 Strategien der Experten

1. Aufgreifen von Fragen und Unterscheidung "definitiv/nicht definitiv unbekannt"
2. Notation
3. Planung
4. "Begründen" von Antworten
5. Sackgassen gemeinsam prüfen
6. Neubeginn bei Fehlern

Wie sich gut beobachten liess, entwickelten sämtliche Expertenpaare (definiert als Paare mit mindestens zwei Spielen unter der freien Bedingung) in regen Diskussionen ein reiches Repertoire an Strategien, das ihnen erlaubte, am Schluss die Probleme in einer auf den Beobachter geplant und strukturiert wirkenden Art zu lösen. Die am Schluss für jedes Paar vorliegende Liste von Strategien, aber auch einige Beobachtungen lassen sich grob in sechs Kategorien einteilen. Interessant ist dabei, dass diese Strategien sich sehr stark mit den bisher entwickelten Regeln decken.

1.3.2.1 Aufgreifen von Fragen und Unterscheidung "definitiv/nicht definitiv" unbekannt

Selbstverständlich begannen früher oder später alle Paare diese minimalen strategischen Mittel systematisch zu benutzen. (Sie entsprechen den Regeln 2 und 5 in der Aufstellung am Ende des Teils II.)

1.3.2.2 Notation

Als absolut wichtigstes Hilfsmittel erwies sich für die Paare die Entwicklung einer differenzierten Notation, mit deren Hilfe es möglich war, genau zu verfolgen, wie sich der Suchprozess entwickelte. Sowohl für mich als Beobachter wie auch für die Spieler selbst bestand ein enger Zusammenhang zwischen der fortschreitenden Verbesserung der Notation und der "Qualität" des Lösungsprozesses.

Alle Paare versuchten zuerst Markierungen zur Kennzeichnung des aktuellen Standes ihrer Suche direkt auf dem Spielfeld anzubringen. Das erwies sich aber in allen Fällen als zu unübersichtlich, so dass früher oder später alle als Notation einen Suchbaum auf einem separaten Blatt Papier aufzeichneten. Drei Spieler führten in ihrem Suchbaum auch explizit eine ÜND/ODER-Bezeichnung bei Verzweigungen ein.

Der Suchbaum, den wir in Regel 7 (Ende Teil II) als Hilfe zur Vereinfachung der Kommunikation vorgeschlagen hatten, wurde also auch von den Experten als wichtiges Hilfsmittel eingeführt. Seine Verwendung ging aber weit über die eines Dialogmodells hinaus. Er wurde bei allen Paaren mit der Zeit auch als eigentliche Planungsunterlage verwendet, anhand derer sie entscheiden konnten, wie sie weitergehen wollten.

1.3.2.3 Planung

Im Verlauf der Spiele begannen Aktivitäten, die man mit "Planung" oder auch "Ordnung machen" bezeichnen könnte, einen immer grösseren Raum im Dialog einzunehmen. Im wesentlichen lassen sie sich unter folgenden Aspekten zusammenfassen:

- Information über Subziele zu einem bestimmten Ziel: Früher oder später begannen alle Paare damit, sich bei jedem Ziel mehr oder weniger systematisch darüber zu informieren, welche Subziele jeder der beiden zu diesem Ziel hatte. Diese Information konnte sehr spezifisch sein, z.B.:

"Ich sehe da zwei Möglichkeiten; entweder brauche ich A1 und A2 - oder dann B8 und B9."

Oder mehr allgemeiner Natur, z.B.:

"Ich habe mehrere Möglichkeiten weiterzumachen; ich brauche aber bei allen noch relativ viel Information."

Oder sie konnte auch nur aus einem Hinweis auf noch offene Möglichkeiten bestehen, z.B.:

"Dazu müsste ich A1 wissen - wobei es allerdings dann auch noch einen anderen Weg gibt."

Nach meinem Eindruck kamen diese Informationen v.a. von dem Moment an sehr häufig vor, wo einer der beiden Spieler eine systematische Notation entwickelt hatte. Spieler mit elaborierten Notationen fragten ihre Partner auch häufig nach den möglichen Subzielen, wenn diese nicht spontan mitgeteilt wurden. So war es ihnen möglich, über alle noch nicht benutzten Äste des Suchbaums Buch zu führen. Solche Fragen konnten sein:

"Ist A1 die einzige Möglichkeit; oder gibt es noch andere?"

"Brauchst Du A1 und A2 oder genügt das eine oder andere?"

- Heuristische Information über mögliche Subziele: Bereits relativ schnell wurden Informationen verwendet, die weniger die genaue Menge der Subziele betrafen, sondern mehr die Qualität dieser Subziele, z.B.:

"Ich habe einen Weg, der kann aber noch ziemlich lange weitergehen; hast Du vielleicht einen, den wir schneller erledigen können?"

Mit der Zeit wurden diese Informationen dann aber meist durch die oben beschriebenen ersetzt.

- Entscheidungen über das weitere Vorgehen: Aufgrund der so ausgetauschten Informationen kam es dann meist zu einer expliziten Entscheidung, in welche Richtung weitergefahren werden sollte, z.B.: "Gut, dann versuchen wir zuerst Deine Variante !" "Moment, ich habe noch etwas, das ich erst zuende verfolgen möchte !"

Begründet wurde die Einführung dieser Strategien im allgemeinen damit, dass durch die Planung die Kooperation allgemein verbessert wurde.

1.3.2.4 "Begründen" von Antworten

Konnte einer der Spieler ein Zwischenziel erreichen, dann liess sich beobachten, dass er nicht nur einfach das Resultat meldete, sondern dass er zugleich rekapitulierte, wozu dieses Resultat nun zu gebrauchen war, z.B.:

"Also, damit habe ich A1; es ist 24; und A1 wolltest Du ja wissen, damit Du A2 ausrechnen kannst ."

Durch solche begründete Antworten - die sich auch erst mit der Zeit einstellten - erhielt der Dialog eine grössere Kohärenz und es entstand der starke Eindruck, dass die beiden Spieler tatsächlich am selben Problem arbeiteten. Für negative Resultate entspricht dieses Vorgehen der Regel 6 (Ende Teil II). Die Spieler gingen aber darüber hinaus und begründeten auch positive Antworten. Nach ihren Angaben war es durch das Begründen generell einfacher zu wissen, an was man gerade arbeitete.

1.3.2.5 Sackgassen gemeinsam prüfen

Ein sehr interessantes Phänomen liess sich dann beobachten, wenn Sackgassen auftraten. Ich glaubte, zwei Fälle unterscheiden zu können. Der erste Fall trat ein, wenn sich ein kurzer "Seitenast" als Sackgasse erwies und beide Spieler wussten, dass nur wenige Ebenen weiter oben im Suchbaum eine Verzweigung mit noch anderen, bisher nicht verfolgten Möglichkeiten lag. Dann konnten sich die beide Spieler meist relativ rasch darauf einigen, dass sich der ganze Seitenast als unfruchtbar erwies hatte, und kehrten an jene Verzweigung mit offenen Möglichkeiten zurück»

Wesentlich gründlicher gingen die Spieler ans Werk, wenn entweder weiter oben überhaupt keine Möglichkeiten mehr frei waren oder wenn solche Verzweigungen relativ weit zurücklagen, also viele Ebenen weiter oben im Suchbaum. In solchen Fällen hat eine Sackgasse relativ grosse Konsequenzen, und so lösten solche Situationen regelmässig eine rigorose Kontrolle aus, indem beide Spieler miteinander den Ast rückwärts von Knoten zu Knoten durchgingen und prüften, ob nicht eine Möglichkeit vergessen gegangen war. Dabei wurde bei jedem Knoten - z.T. durch längere Dialogstücke - explizit ein Konsens herbeigeführt, dass er wirklich in eine Sackgasse führt, z.B.:

SPIELER1: "Gut, dann können wir also A9 nicht herausfinden; und A9 brauchen wir für A8*"

SPIELER2: "Jawohl, und ich habe keine Möglichkeit, A8 auf einem anderen Weg herauszufinden als über A9; und Du hast gesagt, Du hättest auch keine."

SPIELER1: "Ja, das stimmt; d.h. bei mir wäre es noch über A7 gegangen."

SPIELER2: "Ja, aber das führt zu A6, und das haben wir nicht."

SPIELER1: "Stimmt, d.h. wir können weder A9 noch A7 herausfinden und somit auch nicht A8."

SPIELER2: "Richtig; und A8 brauchen wir für

Von vier Paaren wurde dieses Vorgehen explizit als Strategie angegeben. Diese Strategie bringt ein neues, bisher in den Regeln nicht vorgesehenes Element ins Spiel, nämlich die rigorose Kontrolle der Vollständigkeit des Suchprozesses.

1.3.2.6 Neubeginn bei Fehlern

Bedingt durch die Länge der Spiele und durch die z.T. beträchtliche Grosse der Suchbäume (bis zu 200 Knoten), schlichen sich immer wieder Fehler ein. Als Folge der rigorosen Testprozedur bei Sackgassen wurden v.a. Fehler entdeckt, die dadurch entstanden waren, dass ein Spieler fälschlicherweise angegeben hatte, der Inhalt einer Zelle sei ihm "definitiv unbekannt".

Neben den Fehlern, die zu falschen slot-Inhalten führten, machte sich aber auch noch ein anderes Problem bemerkbar. Ebenfalls wegen den z.T. sehr tiefen Suchbäumen verloren einzelne Paare - v.a. solange sie noch keine effiziente Notation hatten - manchmal die Übersicht und wussten nicht mehr, warum und wie sie zu den Fragen gelangt waren, die sie gerade behandelten.

Die einzige erkennbare und von den Spielern auch explizit verbalisierte Strategie gegenüber diesen beiden Problemen bestand darin, dass sie nochmals von vorne begannen, d.h. den Suchbaum - z.T. anhand der Notizen - frisch aufbauten.

1.4. Generelle Schlüsse aus den Erfahrungen mit den "Spielen"

1. Punkte, in denen sich die Simulation als unzureichend erweist
2. Die vermutliche Struktur trivialer und nicht-trivialer Alltagssituationen
3. Die Regeln, die sich aus dem Modell ergeben

Explizites Ziel der Untersuchung mit den Spielen war es ja, einerseits zu klären, welche der Schwierigkeiten, die die GAESTE mit dem M1NC hatten, nur für jene spezielle Situation typisch waren. Und zum zweiten ging es darum, den Katalog der Regeln von Trivialitäten zu befreien und zu ergänzen. Bevor ich jetzt auf diese beiden Punkte eingehe, möchte ich aber rasch noch einmal auf das Simulationsprogramm zurückkommen •

1.4.1 Punkte, in denen sich die Simulation als unzureichend erweist

1. Fehlerbehebung
2. Explizite Planung und Kontrolle

Aus den von den Experten entwickelten Strategien und aus den Wünschen an die Sprache in der beschränkten Situation ergeben sich drei Punkte, in denen das Simulationsprogramm unvollständig ist: Es fehlen sprachliche und andere Mittel zur Behebung von Fehlern, zur expliziten Planung und zur expliziten Kontrolle des Suchprozesses auf Vollständigkeit.

1.4.1.1 Fehlerbehebung

Fehler in der Informationsübermittlung waren in der Simulation nicht vorgesehen, und folglich fehlen sowohl eine Strategie, die es erlauben würde, mit diesem Problem umzugehen, wie die sprachlichen Möglichkeiten, eine solche Strategie einzusetzen. Man könnte natürlich versuchen, dies nachzuholen.

Da ich aber an dieser Stelle endgültig den weiteren Ausbau des Programms beenden möchte, unterbleibt dies. Vermutlich würde uns das Thema der Fehlerbehebung in ein ausserordentlich komplexes Gebiet führen, so dass ich es auch nicht in anderer Form weiterbehandeln werde. D.h. ich werde mich im weiteren auf fehlerfreie Gespräche beschränken. Treten trotzdem Fehler auf, bleibt als triviale Strategie die, dass man einfach nochmals von vorne beginnt. Das ist v.a. anhand des Ziel-Subzielbaums, wenn er explizit notiert wurde, sehr gut möglich.

1.4.1.2 Explizite Planung und Kontrolle

Die explizite Planung stellt offenbar ein zentrales Bedürfnis der Gesprächsteilnehmer dar und ist offenbar auch sehr wichtig, da sie einen so grossen Raum im Vorgehen der Experten einnimmt. Auch hier möchte ich nicht das Programm weiter ausbauen. Wegen der offensichtlichen Bedeutung müssen wir aber irgendwie darauf eingehen. Ich werde diesen Punkt im Rahmen der abzuleitenden Gesprächsregeln behandeln.

1.4.2 Die vermutliche Struktur trivialer und nicht-trivialer Alltagssituationen

Gehen wir (wie schon im Teil II) von der Annahme aus, dass die Vorgehensweisen, die spontan von noch nicht besonders mit den Spielen vertrauten Spielern angewendet werden, die sind, mit denen sie im Alltag meist erfolgreich ähnliche Situationen angehen, dann können wir daraus Vermutungen ableiten, wie diese Situationen aussehen. Ich werde solche Situationen im folgenden als "triviale Alltagssituationen" bezeichnen, also als im Alltag auftretende Situationen, die üblicherweise keine Probleme darstellen. Aus diesen Vermutungen über triviale Alltagssituationen können wir dann schliessen, wie nicht-triviale Alltagssituationen aussehen können, und zwar interessiert uns dabei v.a., ob der Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel darin eine Rolle spielt.

Die in der beschränkten Situation wieder aufgetretenen Verhaltensweisen und die Beobachtungen bei den "Anfängern" scheinen die Spekulation zu bestätigen, dass triviale Alltagssituationen wahrscheinlich nicht sehr zyklenreiche Suchbäume aufweisen und im allgemeinen lösbar sind. Bei so gearteten Problemen ist jede Frage, die der Partner nicht direkt aus seinem Wissen beantworten kann, ein Hinweis dafür, dass der eingeschlagene Weg nicht optimal ist und dass man deshalb besser die Stossrichtung wechselt. So wäre die fehlende Unterscheidung in "definitiv unbekannt" und "nicht definitiv unbekannt" zu verstehen, denn defacto wird nur "definitiv unbekannt" benötigt. Entsprechend gibt es keine Fragen, die vom Partner weiterverfolgt werden müssen, was erklärt, warum Fragen häufig nicht aufgenommen werden.

Am eindrücklichsten stützt diese Vermutung das Paar, das die "alles-fragen-alles-sagen" Strategie global konsequent durchzog. Denn die Überzeugung, dass dieses Vorgehen zum Ziel führt, kann nur aus dem häufigen Umgang mit flachen Problemen resultieren. Das gleiche gilt für den Spieler, der die Suchprozesse der beiden Partner völlig unabhängig behandelte•

Entsprechend würde sich dann eine Sorte von nicht-trivialen Alltagsproblemen, d.h. Problemen, an denen Gesprächspaare scheitern, wenn sie sich nur auf ihre gewohnten Strategien stützen, dadurch auszeichnen, dass sie Situationen mit tiefen Suchbäumen, mit Zirkeln, ohne Lösungen, etc. darstellen. Und für sie wäre zu erwarten, dass all die Regeln, die sich ja gerade mit diesen Aspekten des Problemlöseprozesses befassen, von Bedeutung sein werden. In diesem Sinn könnte das Modell tatsächlich relevant sein. Ob so geartete Situationen ausserhalb unserer Spiele überhaupt auftreten» ist allerdings noch zu prüfen.

1.4.3 Die Regeln, die sich aus dem Modell ergeben

Als zweites gilt es nun die Frage zu beantworten, welche Regeln für menschliche Kommunikationspartner in dem Sinn wichtig sind als dass diese sich nicht sowieso schon daran halten. Als Quelle für die Regeln diente bisher das Simulationsprogramm. Neu dazugekommen sind nun noch die von den Experten entwickelten Strategien.

Aus dem Simulationsprogramm lassen sich praktisch beliebig viele Regeln ableiten, denn jede Programmanweisung lässt sich als Regel verstehen. Natürlich sind dabei nicht alle diese "Regeln" für menschliche Dialogpartner von Interesse. Vieles, was der Programmierer explizit festlegen muss, ist für sie selbstverständlich. Aber interessanterweise scheint auch der umgekehrte Fall aufzutreten, nämlich dass einiges, was für den Programmierer selbstverständlich erscheint, für die menschlichen Partner als explizit formulierte Regel notwendig wird. Die möglichen aus dem Programm ableitbaren "Regeln" fallen also in vier Kategorien:

1. Vom Programmierer bewusst formuliert und für Gespräche wichtig, z.B.: Jede Frage muss aufgegriffen werden.
2. Vom Programmierer nicht bewusst formuliert, aber für Gespräche wichtig, z.B.: Eine eindeutige, erschöpfende Notation erleichtert den Suchprozess (für die programmierte Variante trivial).
3. Vom Programmierer bewusst formuliert, aber für Gespräche unwichtig, z.B.: Bei jedem Ziel auch die Möglichkeit, eine Frage zu stellen, als Subziel berücksichtigen.
4. Vom Programmierer nicht bewusst formuliert und für Gespräche unwichtig.

Wäre das Simulationsprogramm so weit ausgebaut, dass es die gesamte Komplexität der Mensch-Mensch-Interaktion abdecken würde, dann wäre diese Verteilung erschöpfend. Da dies nicht der Fall ist, kommen dazu noch als fünfte Kategorie "Regeln", die nur in der Mensch-Mensch-Interaktion beobachtet wurden.

In die dritte Kategorie fallen die Regeln 1 und 3 (vgl. Zusammenstellung am Ende des Teils II). In der Mensch-Mensch-Interaktion scheinen selbstverständlich alle Fragen gestellt zu werden (Regel 1), und ebenfalls scheint es normal, dass man sich mitteilt, wenn man etwas Neues entdeckt. Wir können diese beiden Regeln als trivial streichen.

Nicht trivial (Kategorien 1,2 und 5) sind dagegen die Regeln und Strategien, die ich in den folgenden sieben Punkten zusammenfassen möchte.

1. Jede Frage muss aufgegriffen und zuende verfolgt werden .
2. Bei den Antworten ist zwischen "momentan unbekannt" und "definitiv unbekannt" zu unterscheiden,
3. Jede Frage ist vollständig zu begründen (d.h. für beide Partner muss klar sein, wie sie sich aus dem Hauptziel ableitet).
4. Antworten begründen, d.h. dem Partner mitteilen, warum man diese Antwort gibt.

Diese vier Regeln gehören zur Kategorie 1; sie ergeben sich ja v.a. aus den Überlegungen im Teil II. Regel 4 wurde allerdings zusätzlich auf positive Resultate ausgedehnt.

5. Bewusste Planung; d.h. jedes mal, wenn ein Ziel in Ziele expandiert werden muss, verständigen sich die beiden Partner darüber, welche möglichen Subziele jeder hat.
6. Wichtig ist eine gute Notation; am besten ein ÜND/ODER-Baum der abgeleiteten Ziele.
7. Bei Sackgassen genau testen, ob alle Möglichkeiten berücksichtigt wurden.

Die restlichen drei Regeln entstammen den Kategorien 2 (6 und 7) und der Kategorie 5 (5). (Regel 7 umfasst zudem implizit noch die alte Regel 4 (vgl. Ende des Teils II).)

Interessant ist, dass alle drei Punkte für das Programm tatsächlich trivial (6 und 7), bzw. sogar überflüssig sind (5). Denn ein Computer verfügt im allgemeinen über eine so grosse Speicherkapazität, dass er - zumindest hier im Rahmen der Spiele - praktisch beliebig viel beliebig lange gespeichert halten kann. Er kann problemlos den Suchbaum in allen Details abspeichern, und es stellt auch weiter kein grosses Problem dar, bei jedem Knoten Information darüber, welche weiteren Möglichkeiten zur Expansion noch vorhanden sind, mitzuspeichern.

Macht man sich zudem beim Programmieren keine grossen Gedanken über Verarbeitungszeiten, dann ist auch jeder Teil des gespeicherten Suchbaums gleich gut zugänglich, und dem Programm spielt es somit im Prinzip keine Rolle, ob es immer beim gleichen Ast des Suchbaums bleibt oder ob es von Schritt zu Schritt an immer anderen Stellen ansetzt. Von daher erübrigt sich eine Planung, d.h. eine Einigung mit dem Partner drauf, welchen Bereich des Suchbaums man bearbeiten will (immer von der Annahme ausgehend, dass man keine Heuristiken verwenden muss).

Hier macht sich also eine negative Analogie des Computers als Modell für menschliches Verhalten bemerkbar, denn bekanntlich ist zumindest die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses beim Menschen sehr beschränkt (zum Arbeitsgedächtnis vgl. Baeriswyl, 1984; zu Problemlösen und Gedächtniskapazität vgl. Newell & Simon, 1972). Die meisten Menschen dürften (ausser mit Hilfe mnemotechnischer Tricks) nicht in der Lage sein, einen auch nur massig komplexen Suchbaum in allen Details "gespeichert" zu halten und erst noch gleichzeitig für jeden Knoten neues Wissen aus dem Langzeitgedächtnis abzurufen, das notwendig ist, um neue Subziele zu bilden oder die

entsprechende Frage zu klären. So erklärt sich leicht die Notwendigkeit einer guten Notation und des sorgfältigen Testens darauf, ob keine möglichen Subziele vergessen wurden.

Etwas weniger offensichtlich ist der Gedächtnisaspekt bei der Planung. Der Effekt der Planung besteht im wesentlichen darin, dass beide Partner gleichzeitig und kontinuierlich an der gleichen Stelle des Suchbaums arbeiten. Jeder Ast des Suchbaums spricht wahrscheinlich andere Komponenten des Wissens im Langzeitgedächtnis an und verlangt die Orientierung in einem anderen Bereich des Problemfelds (bei den Spielen ganz wörtlich zu nehmen). Somit ist es wahrscheinlich wesentlich weniger aufwendig, beim gleichen Ast zu bleiben, wo wesentliche Aspekte der Situation sich von Knoten zu Knoten wenig ändern, als diesen ständig zu wechseln (das wäre beim Computer natürlich bei komplexeren Problemen auch so). Zudem müssen bei jedem Knoten, wenn man ihn unerledigt verlässt, alle aktuellen Zwischenergebnisse gespeichert werden, damit man ihn später wieder aufgreifen kann, und hier besteht die Gefahr, dass Information verloren geht, wenn man das allzu oft macht.

Die Vermutung liegt also nahe, dass komplexe Probleme mit tiefen Suchbäumen ohne spezielle Hilfsmittel von Menschen nicht behandelt werden können und dass sie darum als "triviale" Alltagsprobleme nicht auftauchen. Anders gesagt, dass die Regeln 5 bis 7 v.a. darum wirksam sind, weil sie eine externe Gedächtnisstütze schaffen.

2. Wie gut lassen sich Alltagssituationen und nicht mehr ganz alltägliche Probleme mit dem Modell abbilden?

1. "Verzeihung; wo geht es da zum Bärengraben?"
2. "Im Reisebüro"
3. "Wie war das mit dem t-Test?"
4. Schlüsse und Konsequenzen

Wir haben nun einiges Wissen über eine ganz bestimmte Kommunikationssituation gesammelt, nämlich die Zahlenquadrat-Probleme. Und auf diese spezielle Situation scheint unser Modell auch insofern anwendbar zu sein, als dass tatsächlich unsere Regeln dort spontan nicht angewendet werden, obwohl ihre Anwendung von der Struktur der Aufgabe her notwendig ist. Es wird nun Zeit, die Zahlenquadrat-Probleme zu verlassen und als nächstes zu prüfen, ob sich auch andere Situationen finden lassen, auf die das Modell anwendbar ist.

Als erster Schritt soll deshalb einmal zu klären versucht werden, ob sich ausgewählte Alltagssituationen zumindest theoretisch im bisher erarbeiteten Modell darstellen lassen. Wahrscheinlich werden sich dabei erneut notwendige Erweiterungen und Modifikationen aufdrängen.

Die drei folgenden, relativ willkürlich ausgewählten Situationen sollen als Testfall für das Modell dienen:

- a) Eine Person fragt eine andere nach dem Weg zwischen zwei bestimmten Punkten.
- b) Eine Person stellt auf dem Reisebüro mit Hilfe eines Agenten eine Reise zusammen.
- c) Zwei Studenten versuchen, miteinander ein Statistikproblem zu lösen.

Die drei Situationen bilden, so angeordnet, insofern eine Reihe, als dass von a) nach c) die Verhältnisse immer weniger klar definiert sind. Bei a) sind sowohl das Ziel wie die Informationen, die dem Gesprächspartner von Nutzen sein können, klar definiert. Bei b) ist das schon weniger der Fall, und bei c) schliesslich fehlt den beiden unter Umständen sogar ein Kriterium, wann ihr Ziel überhaupt erreicht ist. Ich hoffe, durch diese Reihung werden wir in der Lage sein, indem wir versuchen, diese Situationen mit unserem Modell abzubilden, sukzessiv neue Einsichten zu gewinnen.

Wir können diese Abbildung jeweils als gelungen betrachten, wenn es uns gelingt, das für die Lösung der entsprechenden Aufgaben jeweils notwendige Wissen so in Form einer frame-Repräsentation zu bringen, dass das vorhandene Simulationsprogramm sie zufriedenstellend behandeln kann. Oberstes Ziel der folgenden Analyse wäre es also, eine Implementation zu finden. Es ist aber zu erwarten, dass eine solche Implementation z.T. zu komplex wird, als dass sie sich mit den vorhandenen Mitteln realisieren liesse. Als schwächerer Test soll in diesen Fällen auch ein Plan genügen» der aufzeigt, wie eine solche Implementation prinzipiell möglich wäre.

2.1 "Verzeihung; wo geht es da zum Bärengraben?"

1. Eine formale Analyse
2. Ein vierter Zirkel: Antwort und Nachfrage

2.1.1 Eine formale Analyse

Das Wissen, das notwendig ist, damit zwei Personen die Beschreibung des Weges zwischen zwei Punkten zusammenstellen können, kann problemlos in die Form der bisher verwendeten Repräsentation gebracht werden. Damit sich die beiden überhaupt verständigen können, müssen sie über ein Netz von geographischen Punkten verfügen, die beiden bekannt sind. Ist das nicht gegeben, dann ist es nicht einmal möglich, das Hauptziel als Frage zu formulieren. Kennt der eine z.B. nur "Bahnhof" und "Bärengraben" und der andere nur "Stadttheater" und "Museum", dann ist keine Verständigung möglich. Dieses Netz von Punkten enthält eine Menge von Wegen - alle Wege, die je zwei Punkte miteinander verbinden. Diese Wege können wir als die slots betrachten, die es zu füllen gilt. Jeder solche slot lässt sich durch Ausgangspunkt (A) und Endpunkt (B) eindeutig identifizieren (im folgenden (A,B)). Gefüllt wird er mit einer Beschreibung des Weges von A nach B.

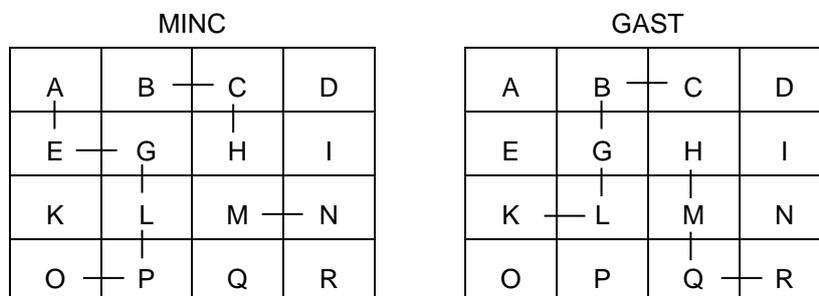
Die Relationen, die zwischen diesen slots bestehen können, kann man als eine Art "Addition für Wegstrecken" verstehen. D.h. es gilt

$$(A,B) = (A,C) + (C,B)$$

oder "der Weg von A nach B kann zusammengesetzt werden aus dem Weg von A nach C und dem Weg von C nach B". Dabei gilt folgende "Kürzungsregel":

$$(A,B) + (B,C) - (C,B) + (B,D) = (A,B) + (B,D)$$

Wege lassen sich also aus anderen Wegen zusammensetzen und Subziele zu Wegen sind folglich Teilwege. Fügt man eine solche Repräsentation anstelle der bisherigen Zahlenquadrate in das Simulationsprogramm ein, dann lassen sich z.B. ohne weiteres mit dem MINC Gespräche über Wege führen. (Ich habe auch parallel zu den im Teil II dargestellten Aufgaben mit "Weg-Erklären" experimentiert. Allerdings ohne gross ins Detail zu gehen.) Es ergeben sich Dialoge der folgenden Art:



(A bis R stellen die gemeinsam bekannten Punkte dar; die Verbindungen zwischen ihnen sind Wege, die dem jeweiligen Partner bekannt sind.)

MINC	: (A,N) ?
GAST	: UNBEKANNT
GAST	: (A,B) ?
MINC	: UNBEKANNT
MINC	: (A,C) ?
GAST	: UNBEKANNT
GAST	: (A,D) ?
MINC	: UNBEKANNT
MINC	: (E,N) ?
GAST	: UNBEKANNT
GAST	: (E,B) ?
MINC	: UNBEKANNT
MINC	: (E,C) ?
GAST	: UNBEKANNT
GAST	: (E,D) ?
MINC	: UNBEKANNT

```

MINC      : (G,B) ?
          GAST : NORDWAERTS
MINC      : (C,N) ?
          GAST : UNBEKANNT
          GAST : (C,D) ?
MINC      : UNBEKANNT
MINC      : (H,N) ?
          GAST : UNBEKANNT .
          GAST : (H,D) ?
MINC      : UNBEKANNT .
MINC      : (H,I) ?
          GAST : UNBEKANNT .
          GAST : (H,K) ?
MINC      : UNBEKANNT .
MINC      : (H,L) ?
          GAST : UNBEKANNT .
          GAST : (M,N) ?
MINC      : OSTWAERTS .
          GAST : (H,N) SUEDWAERTS NACH M OSTWAERTS NACH N .
MINC      : (C,N) SUEDWAERTS NACH H .....
MINC      : (A,N) SUEDWAERTS NACH E WESTWAERTS NACH G
          NORDWAERTS NACH B WESTWAERTS NACH C .....
          GAST : SCHLUSS !
MINC      : SCHLUSS !

```

Dieser Dialog verläuft völlig analog den Dialogen über die Zahlenquadrate. Dass er etwas plump und umständlich wirkt, liegt v.a. daran, dass die beiden Partner gewisse Heuristiken, die sich aus der räumlichen Anordnung der Punkte ergeben, nicht berücksichtigen.

Formal lässt sich also das "Weg-Erklären" gut in den bisher entwickelten Rahmen einfügen, und das Programm ist auch in der Lage, ohne weiteres damit umzugehen. Da es sich beim "Weg-Erklären" um ein sehr verbreitetes Alltagsproblem handelt, das sowohl in "trivialer" wie in "nicht-trivialer" Form auftreten kann, bietet es sich an, den dabei ablaufenden Suchprozess genau zu untersuchen. Eine solche Analyse zeigt, dass es zumindest zwei Anhaltspunkte dafür gibt, dass es sich dabei um einen Prozess handelt, bei dem der Frage-Wissensgegenfragezirkel eine sehr einfache Struktur aufweist.

Erstens einmal fällt auf, dass alle Relationen genau die gleiche Form aufweisen - wie das auch bei den Zahlenquadraten der Fall war (dort Addition von Zahlen, hier "Addition" von Wegen). Nur besteht hier zudem noch ein abstraktes Kriterium dafür, zwischen welchen slots (Wegen) überhaupt Relationen existieren - nämlich: Das Ziel des ersten Weges muss gleich dem Ausgangspunkt des zweiten Weges sein. Dieses ist im Gespräch zwischen zwei Menschen sicher beiden Partnern bekannt und somit weiss jeder der Partner genau, über welche Relationen der andere verfügt, nämlich über die gleichen wie er selbst. Eine Konsequenz daraus ist die, dass der Lehrer seine Relationen nie wirklich einsetzen muss. D.h. er muss nie einen Weg aus Teilwegen zusammensetzen und dem Lerner dann den zusammengesetzten Weg erklären. Viel sinnvoller ist es, wenn er dem Lerner nur Teilwege beschreibt, von denen er weiss, dass dieser sie gebrauchen kann, und ihn diese dann selbst zusammensetzen lässt. Die Vorteile lassen sich leicht an zwei Dialogen veranschaulichen. Zuerst die "umständliche" Variante:

```

          GAST : (A,B) ?
MINC      : UNBEKANNT .
MINC      : (A,C) ?
          GAST : (A,C) SUEDWAERTS NACH E .....
          ..... WESTWAERTS NACH C .
MINC      : (A,B) SUEDWAERTS NACH E .....
          ..... WESTWAERTS NACH C WESTWAERTS NACH B .

```

Hier beschreibt GAST MINC umständlich den Weg von A nach C, nur damit er die gleiche Beschreibung wieder zurückerhält. Viel einfacher geht es wie folgt:

```

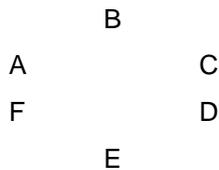
          GAST : (A,B) ?
MINC      : UNBEKANNT .

```

MINC : Kennst Du (A,C) ?
 GAST : Ja .
 MINC : Gut, dann:
 MINC : (C,B) WESTWAERTS .
 GAST : SCHLUSS !

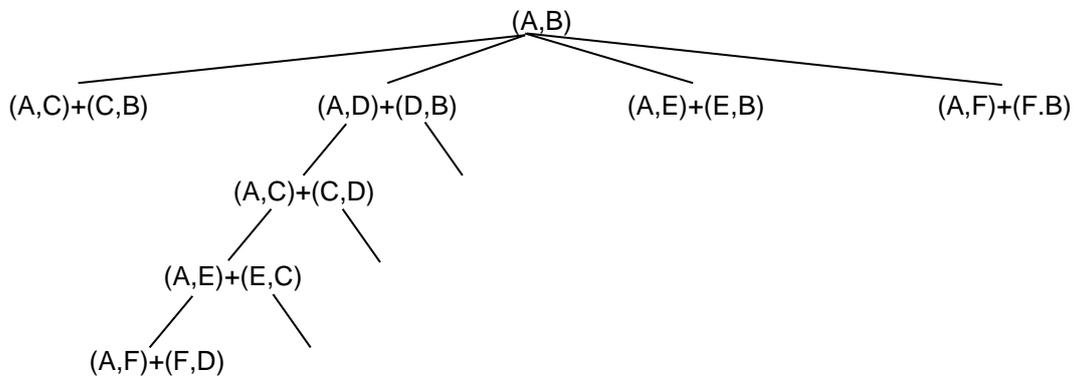
D.h. die beiden können sich den Aufwand sparen, dass GAST den Weg (A,C) wirklich MINC mitteilt und dieser dann den ganzen Weg (A,C,B) beschreibt. Je nachdem wie umständlich diese Wegbeschreibung ist, kann die Einsparung gross sein. Konsequenterweise durchgeföhrt bedeutet das aber, dass der Lerner dem Lehrer keinen einzigen Weg beschreiben muss, d.h. dass der Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel nicht einmal eine Stufe tief geht.

Zum zweiten hat der Suchraum dieser Probleme eine ganz spezielle Struktur. Auch das lässt sich wieder am besten anhand eines Beispiels zeigen. Nehmen wir an, wir haben folgende Situation:



und suchen den Weg (A,B). Offensichtlich ist uns kein solcher Weg bekannt, und wir müssen versuchen, ihn aus anderen Wegen zusammensetzen. Als erstes Subziel zu (A,B) bietet sich etwa die Wegkombination (A,C)+(C,B) an. Auch hier ist keiner der beiden Teilwege direkt bekannt. Wir können nun z.B. breadth-first fortfahren, also (A,B)+(B,C) unerledigt stehen lassen und auf der gleichen Ebene ein nächstes Subziel bilden- Etwa (A,D)+(D,B) (vgl. Figur 15). Auch das

führt nicht direkt zum Ziel, und wenn wir breadth-first weiterfahren, werden wir feststellen, dass auch die beiden restlichen Subziele dieser Ebene nicht direkt erfüllbar sind.



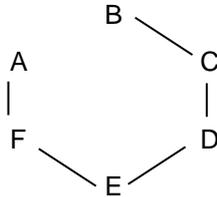
Figur 15: Suchraum eines "Weg-Finden" Problems

Normalerweise würden wir nun als nächstes eines der vier offenen Subziele aufgreifen und in neue Subsubziele entwickeln. In Figur 15 ist das für die Teilstrecke (A,D) des Subziels (A,D)+(D,B) angedeutet. Interessanterweise ist das hier aber nicht notwendig, denn bei dieser Entwicklung treffen wir auf einem Ast (dem in Figur 15 eingezeichneten) nur auf lauter alte Bekannte, nämlich auf lauter Teilwege der Form (A,X). Und von diesen wissen wir schon aus der ersten Ebene des Suchprozesses, dass sie uns alle nicht direkt bekannt sind. Ähnliche Äste lassen sich auch für die drei anderen Subziele einzeichnen. D.h. wenn wir hier auf der ersten Ebene eines breadth-first Prozesses feststellen, dass uns alle möglichen dort vorkommenden Teilwege der Form (A,X) nicht bekannt sind, dann wissen wir bereits, ohne dass wir in die Tiefe gehen, dass ein Ast unter jedem (A,X) in eine Sackgasse führt. Und da, wie man leicht nachprüfen kann, dieser spezielle Ast unbedingt notwendig ist, um das entsprechende Subziel zu erreichen, wissen wir dann auch schon, dass das Problem nicht lösbar ist.

Als erste Eigenschaft des Suchraums beim "Weg-Erklären" können wir also festhalten, dass ein Problem hier unlösbar ist, wenn es sich bei einer breadth-first Suche auf der ersten Ebene herausstellt, dass alle Teilwege, die vom gleichen Ausgangspunkt wegführen (oder zum gleichen Ziel hinführen),

nicht direkt bekannt sind. Die Erklärung dafür ist ganz einfach, denn weniger formal ausgedrückt bedeutet diese Feststellung nur, dass wir uns, wenn wir keinen einzigen Weg kennen, der von A wegführt, auch keine Gedanken darüber zu machen brauchen, wie der Weg z.B. von B aus weiter gehen könnte.

Eine ähnliche Überlegung lässt sich auch anstellen, wenn nicht alle direkten Wege die von A wegführen, unbekannt sind. Betrachten wir folgende Situation.



Suchen wir hier wieder breadth-first nach der Verbindung (A,B), dann werden wir feststellen, dass uns hier ein Teilweg des Subziels (A,F)+(F,B) direkt bekannt ist. Hingegen ist uns z.B. bei (A,D)+(D,B) keiner der beiden Teilwege direkt bekannt. Was wurde nun passieren, wenn wir unter (A,D) anfangen würden, in die Tiefe zu suchen. Nun früher oder später würden wir auch hier wieder als Subziel auf (A,F) stossen, das uns dann weiterhilft. Bloss können wir uns diesen Aufwand sparen, weil wir die Möglichkeit über (A,F) schon ganz zuoberst im Suchbaum entdeckt haben. D.h. auch hier wissen wir z.T. aus der ersten Ebene des Suchprozesses, was sich ergeben wird, wenn wir in die Tiefe gehen. Genau bedeutet dieses Wissen, dass wir jedes Subziel der ersten Ebene, bei dem nicht mindestens ein Teilweg sofort bekannt ist, nicht weiter zu entwickeln brauchen.

Die gleiche Überlegung lässt sich nun natürlich auf jede weitere Ebene des Suchprozesses übertragen, so dass im allgemeinen der Suchraum, der effektiv abgesucht werden muss, bei den "Weg-Erklären"-Problemen relativ beschränkt ist.

Das "Weg-Erklären"-Problem ist also dadurch gekennzeichnet, dass einmal jeder der beiden Partner alle Relationen des anderen kennt und dass zum zweiten der Suchraum vergleichsweise beschränkt ist. Diese Eigenschaften ermöglichen es, dass

- i) nicht alle Information explizit übermittelt werden muss (da beide alle Relationen kennen und das wissen).
- ii) die Kontrolle des Suchprozesses bei einer Person bleiben kann (ebenfalls weil diese alle Relationen kennt).
- iii) die Kontrolle des Suchprozesses relativ einfach ist (da der Suchraum relativ einfach ist).

So gesehen, stellt das Zusammensuchen eines Weges zwischen zwei Punkten eine verhältnismässig einfache Aufgabe innerhalb der Klasse der hier behandelten Probleme dar. Viele bisher beobachteten Schwierigkeiten, wie Partner, die die Fragen nicht aufgreifen oder nicht zwischen "definitiv unbekannt" und "nicht definitiv unbekannt" unterscheiden, können nicht in Erscheinung treten. Dass das "Weg-Erklären" trotzdem manchmal alles andere als ein "triviales" Problem darstellt, muss folglich andere Ursachen haben.

2.1.2 Ein vierter Zirkel: Antwort und Nachfrage

1. Der Lerner prüft, ob er die Antwort assimilieren kann
2. Der Lerner fragt bei unbefriedigenden Antworten nach
3. Der Lerner prüft die Antwort auf seine präzisierende Frage

Eine solche Ursache könnte in einem Aspekt der Kommunikation liegen, den wir bei der Ausarbeitung des Modells im Teil I nicht weiter verfolgt haben. Ich habe dort zwar explizit dargestellt, was der Lehrer tun kann, wenn er eine Frage nicht versteht. Auf das Gegenstück aber, nämlich auf die Situation, die entsteht, wenn der Lerner eine Antwort nicht versteht oder mit ihr nicht zufrieden ist, bin ich nicht eingegangen. Wahrscheinlich liegen aber genau hier die Probleme beim "Weg-Erklären".

Typisch für das "Weg-Erklären" ist neben den bereits genannten Eigenheiten, dass die Füllungen für die einzelnen slots - im Gegensatz zu den Zahlenquadraten - sehr komplex werden können. Bei den Zahlenquadrat-Problemen besteht eine positive Antwort immer aus einer simplen natürlichen Zahl. Wegbeschreibungen dagegen sind meist viel umfangreicher und auch weniger eindeutig. Geradezu berüchtigt sind ja Bandwürmer wie " ... und dann gehen Sie bei der zweiten Ampel nach rechts; nach hundert Metern kommt ein Kiosk, dort links; dann alles gerade aus, bis ..."

Die Schwierigkeiten beim "Weg-Erklären" ergeben sich also vermutlich nicht daraus, dass es besonders schwierig wäre, eine Wegbeschreibung logisch von Punkt zu Punkt zwischen Start und Ziel zusammenzustellen, sondern vielmehr daraus, dass sich die Beschreibung beim Gebrauch als völlig ungenügend erweist. Anders gesagt: Es gelingt wohl meist, den slot, der dem Hauptziel entspricht, zu füllen, aber die Füllungen erweisen sich danach manchmal als unbrauchbar.

Damit das nicht geschieht, muss der Lerner eine gewisse Kontrolle darüber ausüben, was er in seine slots einfüllt. Das bedingt erstens, dass seine Vorstellungen darüber, was er zur Erreichung seines Ziels benötigt, präzise genug sind; und zweitens, dass er Antworten nötigenfalls als unbrauchbar zurückweisen kann,

Dass der Lerner imstande sein soll, die erste dieser Bedingung zu erfüllen, haben wir schon in den Grundannahmen zu dieser Arbeit festgelegt, d.h. wir gehen hier davon aus, dass der Lerner imstande ist zu beurteilen, ob ihm eine Wegbeschreibung genügt. Damit fällt wahrscheinlich eine nicht unbeträchtliche Menge von Problemen, wie sie beim "Weg-Erklären" praktisch auftreten, ausserhalb des hier betrachteten Rahmens. Es verbleiben aber noch diejenigen, die sich dadurch ergeben, dass der Lerner zwar beurteilen kann, wie eine befriedigende Antwort aussieht, der Lehrer aber keine solche gibt. In diesem Fall verfügt der Lerner über gewisse Vorstellungen, welche Inhalte überhaupt in seine slots passen. Im Rahmen der Zahlenquadrate z.B. erwartet er von einer Antwort, dass sie aus einer ganzen Zahl besteht. Antwortet der Lehrer auf die Frage "ELEMENT 2 3 ?" mit "BLUMENKOHL .", ist das folglich eindeutig keine befriedigende Antwort. Damit aber der Lerner nun auch seine Erwartungen durchsetzen kann, müssen wir ihn mit einer Möglichkeit ausstatten, die Annahme solcher Antworten zu verweigern und bessere zu verlangen. D.h. wir führen einen weiteren Zirkel ein:

D Antwort und präzisierende Nachfrage

Von der Struktur her ist dieser Zirkel vergleichbar mit dem Zirkel B "Frage und Verständnisgegenfrage". Auch dort hat der Lehrer eine Vorstellung davon, wie Fragen überhaupt aussehen können, und versucht, den Lerner in dieses Schema zu zwingen. Ein kleiner Unterschied besteht darin, dass beim Zirkel B der Lehrer versuchsweise Schemata anwendet und sie als Hypothesen in seinen Gegenfragen anbietet, wogegen hier der Lerner sein Schema aufgrund seines Hauptziels fest gegeben hat. Ich habe mich an anderer Stelle schon ausführlicher mit diesem Zirkel befasst (Kaiser,1981); hier deshalb nur in kurzen Zügen, wie er etwa aussehen könnte.

2.1.2.1 Der Lerner prüft, ob er die Antwort assimilieren kann

Wie angenommen, verfügt der Lerner aufgrund seiner Zielsetzung also über Vorstellungen, was überhaupt als Füllung für seine slots in Frage kommt. Diese Einschränkungen können relativ einfach sein, wie z.B., dass es sich um ganze Zahlen handeln muss. Sie können aber auch wesentlich komplexer sein und ihrerseits wieder als frames mit diversen slots repräsentiert werden. Im Falle des "Weg-Erklärens" etwa könnte ein Weg ein frame mit folgender Form sein:

Weg = (Ausgangspunkt, Ausgangsrichtung, Weglänge, markante Punkte, Ziel)

Verwendet der Lerner diesen frame zur Kontrolle der Antworten, dann würde das beispielsweise bedeuten, dass "Vom Bahnhof zum Waisenhausplatz ist es gar nicht weit" keine genügende Füllung für den slot/Weg (Bahnhof, Waisenhausplatz) darstellt. Eine solche Füllung, d.h. eine vollständige Antwort, müsste schon eher so aussehen: "Da verlassen Sie den Bahnhof Richtung Neuengasse; es ist nicht weit, nur etwa 500 Meter; und zwar folgen Sie einfach der Neuengasse; dabei kommen Sie an einem Brunnen vorbei; am Ende der Gasse liegt ein Platz quer zu ihr, und das ist der Waisenhausplatz".

2.1.2.2 Der Lerner fragt bei unbefriedigenden Antworten nach

Befriedigt die Antwort den Lerner nicht, dann hat er zwei Möglichkeiten, Rückfragen an den Lehrer zu stellen. Einmal kann er auf der gleichen Abstraktionsebene bleiben, d.h. der slot, den er mit einer Rückfrage anspricht, bleibt der gleiche. Z.B. könnte eine solche Frage wie folgt lauten: "Die Antwort bringt mir nicht viel. Könnten Sie den Weg nicht etwas ausführlicher beschreiben?"

Zum zweiten kann er aber eine Stufe mehr ins Detail gehen und als Ziel einer neuen Frage einen slot aus dem frame nehmen, mit dem er für sich selbst die Bedingungen für eine befriedigende Antwort umschreibt. Beim "Weg-Erklären", heisst das, dass er die Ebene verlässt, auf der die slots ganze Wege bedeuten und sich auf die Ebene der einzelnen slots des Weg-frames begibt. Eine mögliche Frage wäre dann etwa: "Ja in welche Richtung muss ich denn von hier aus gehen?"

2.1.2.3 Der Lerner prüft die Antwort auf seine präzisierende Frage

Die Antwort, die der Lerner auf seine Frage erhält, kann er wieder gegen die Kriterien des slots prüfen, den es damit zu füllen gilt. Ist sie wieder nicht befriedigend, dann steht ihm selbstverständlich auch hier wieder die Möglichkeit offen, eine weitere Ebene präziser zu werden, etc.

Bei diesem Prozess können natürlich die verschiedenartigsten Probleme auftreten. V.a. zwei grosse Kategorien lassen sich leicht erkennen.

1. Der Lerner versäumt es, die Antworten wirklich daraufhin zu prüfen, ob sie befriedigend sind.
2. Die Detailframes von Lehrer und Lerner stimmen nicht überein. D.h. einerseits ist der Lehrer nicht imstande, die Antworten in die vom Lerner erwünschte Form zu bringen, und andererseits kann der Lerner mit der Form der Antworten, wie sie der Lehrer gibt, nichts anfangen.

Der zweite Fall wird beim "Weg-Erklären" wohl eher selten sein. Häufiger ist sicher der erste.

Fassen wir zusammen, was sich für unser Ziel, nämlich zu prüfen, ob Alltagssituationen mit unserem Modell abbildbar sind, aus der Analyse des "Weg-Erklärens" ergibt. Es sind drei Punkte:

- Der beim "Weg-Erklären" notwendige Problemlöseprozess lässt sich gut im bisher verwendeten Modell abbilden (befriedigende Antworten vorausgesetzt); d.h. es war möglich, das dazu notwendige Wissen so zu repräsentieren, dass das bestehende Programm in der Lage war, diese Aufgabe zu behandeln.
- Dabei stellt sich heraus, dass es sich um eine Aufgabe handelt, bei der die bisher beobachteten Probleme kaum auftreten werden, da der Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel hier eine sehr einfache Struktur aufweist.
- Dagegen zeigt sich, dass ein anderer Aspekt des Dialogs, den wir bisher kaum beachtet haben, nämlich die Assimilation der Antwort des Lehrers durch den Lerner, hier die Hauptursache von Problemen sein könnte. "Weg-Erklären" liegt also insofern ausserhalb des Rahmens des bisherigen Modells, als dass diese speziellen Probleme von ihm nicht erfasst werden.

2.2 "Im Reisebüro"

Als zweite Situation möchte ich Gespräche betrachten, die sich abspielen könnten, wenn ein Kunde in ein Reisebüro kommt und zusammen mit einem Agenten eine Reise plant. Handelt es sich dabei um ein relativ einfaches Problem - z.B. darum, einen Flug nach einem bereits festgelegten Ziel zu buchen -, dann lässt sich auch diese Situation mit wenig Aufwand in die von uns bisher verwendete Form bringen (vgl. etwa GUS ; Boborow et al., 1977).

Ich möchte hier aber auf die wesentlich komplexere Situation eingehen, die dann entsteht, wenn der Kunde nur recht vage Vorstellungen von der genauen Form der Reise hat. Als Hintergrund für diese Überlegungen diene ein halb fiktives Fallbeispiel (die nicht fiktive Hälfte verdanke ich M. Rihs-Middel):

Eine Familie mit mehreren jüngeren Kindern möchte eine längere Auslandsreise (Übersee?) machen. Diese sollte möglichst billig werden; oberste Grenze für die Reisekosten sind sFr. 10*000.- .

Als erstes geht es also wieder darum, eine Implementation zu versuchen: Beim Zusammenstellen einer solchen Reise handelt es sich ganz offensichtlich um einen Entscheidungsprozess, d.h. der Kunde entscheidet sich aufgrund der Informationen, die ihm der Agent bieten kann, für eine bestimmte Reise. Das bedeutet aber, dass in diesem Fall - im Gegensatz zu den vorangehenden Beispielen - das Hauptziel, nämlich die Festlegung "Diese Reise mache ich !", nur von einem der beiden Partner "erfüllt" werden kann. Nur der Kunde kann diese Entscheidung treffen, nicht der Agent. Entsprechend gibt es auch keine erste Frage des Kunden an den Agenten in der Form "Welche Reise soll ich machen?", sondern die Ankündigung des Kunden, dass er eine Reise machen möchte, ist ein reiner Eröffnungszug.

Damit der Kunde seine Entscheidung treffen kann, muss er über einen Entscheidungsmechanismus verfügen, der primär den "Relationen" entspricht und über den er wahrscheinlich nicht kommunizieren kann. Nehmen wir einmal der Einfachheit halber an, sein Entscheidungsmechanismus lasse sich als lineares Entscheidungsmodell darstellen (für die formalen Aspekte entscheidungstheoretischer Modelle vgl. etwa Laux, 1982; für die mehr psychologischen etwa Huber, 1982). Im wesentlichen besteht ein solches Entscheidungsmodell aus einer Matrix, deren Zeilen die einzelnen Alternativen darstellen, zwischen denen entschieden werden soll (hier mögliche Reisen), und deren Kolonnen die Bewertungen einzelner Merkmale der Alternativen enthalten (hier z.B. die Kosten der Reisen) (Figur

16). Dazu kommen Gewichtungsfaktoren, die dazu dienen, die Bewertungen der einzelnen Merkmale einer Alternative zu einer Gesamtbewertung zu verarbeiten (z.B. "Die Qualität der Hotels ist nur halb so wichtig wie der Preis") sowie Funktionen, die den Merkmalen der einzelnen Alternativen Werte zuweisen (z.B. "Die hygienischen Verhältnisse in den USA sind sehr gut"). Und schliesslich wird das Modell noch Kriterien darüber enthalten, wie viel Alternativen bei einer Entscheidung überhaupt mindestens berücksichtigt werden müssen, damit es eine "überlegte" Entscheidung ist, sowie darüber, welchen Gesamtwert die beste Alternative erhalten muss, damit sie überhaupt in Betracht kommt.

GEWICHTE DER BEWERTUNGSDIMENSIONEN	1	3	11	...	...
BEWERTUNGSDIMENSIONEN	Ort	Zeit	Kosten	...	...
BEWERTUNGEN REISE 1	5	.	.	.	.
BEWERTUNGEN REISE 2	.	.	.	.	.
...

Figur 16: Beispiel einer Entscheidungsmatrix

Wir können das Modell formal mit einer unbegrenzten Anzahl von Zeilen und Kolonnen ausstatten. Der Entscheidungsprozess wird dann so laufen, dass solange neue Zeilen und Kolonnen gefüllt werden, bis sich aus der Matrix eine beste Alternative ergibt, die als Resultat der Entscheidung in Frage kommt.

Variabel sind in diesem Modell also (und stellen somit die slots dar):

- die "Bedeutung" der Zeilen (d.h. welche Reise jede Zeile darstellt)
- die "Bedeutung" der Kolonnen (d.h. welche Bewertungsdimension jede Kolonne darstellt)
- die Gewichte der Kolonnen
- die Bewertungsfunktionen

Und entsprechend können auch all diese Bestandteile Gegenstand des Dialogs werden.

Kommt der Kunde zu Beginn ins Reisebüro, dann wird er wahrscheinlich eine Version des Modells mit sich bringen, die teilweise gefüllte slots aufweist. Es ist anzunehmen, dass er schon relativ klare Bewertungsfunktionen für den Ort und die Zeit hat, d.h. recht gut weiss, wohin er möchte und wann die Reise etwa stattfinden wird. Weiter wird er eine Spalte für die Kosten vorgesehen haben, bei der er annimmt, dass der Agent über passende Bewertungsfunktionen verfügt. Und dazu kommen dann meist noch einige Spalten, die individuelle Bedürfnisse abdecken (z.B. Sehenswürdigkeiten, etc.). Vermutlich hat er auch schon einige Zeilen bezeichnet, indem er sich schon mögliche Reisen überlegt hat, und zu diesen Reisen werden in einigen Spalten bereits Werte stehen.

Vom Agenten können wir erwarten, dass er im wesentlichen ein Modell derselben Struktur besitzt, so dass eine Verbindung zwischen den Modellen der beiden Dialogpartner problemlos möglich sein sollte.

Im Dialog, der sich dann zwischen Kunde und Agent abspielt, werden folgende Informationen übertragen:

Vom Kunden zum Agenten:

- Der Kunde teilt dem Agenten - direkt oder indirekt durch seine Fragen - mit, welche Bewertungsdimensionen er überhaupt berücksichtigt, z.B.:

KUNDE: Wir möchten gern wilde Tiere sehen.

KUNDE: Kann man dort auch Autos mieten?

sowie allenfalls gewisse Gewichtungen, z.B.:

KUNDE: Also am wichtigsten ist uns wegen den Kindern, dass die sanitären Verhältnisse gut sind.

- Der Kunde teilt dem Agenten für einige Bewertungsfunktionen deren ungefähre Form mit. Bei einigen ist das leicht möglich (z.B. ZEIT), bei anderen, mehr idiosynkratischen Kriterien, werden sich hier aber Schwierigkeiten ergeben, z.B.:

KUNDE: Also nach Afrika wollen wir auf keinen Fall.

KUNDE: In Frage kommt die Zeit von Anfang August bis Ende Oktober.

- Sofern der Kunde sich dazu schon Überlegungen gemacht hat, kann er dem Agenten auch mehr oder weniger genaue Angaben zu einzelnen Zeilen der Matrix machen, z.B.

KUNDE: Eine Möglichkeit, an die wir gedacht haben, wäre die USA; dort konnten wir ein Auto mieten und campieren.

Vom Agenten zum Kunden:

- Der Agent teilt dem Kunden für die Bewertungsdimensionen, für die er Experte ist, bzw. zu denen er explizit gefragt wird, die Werte für die einzelnen Reisen mit, z.B.:

AGENT: Ein normaler Linienflug kostet Sie sicher über Fr. 1'200.-

AGENT: Die Strassenverhältnisse sind recht gut.

- Der Agent führt neue Zeilen in die Matrix ein, wobei er dabei seine neuen Vorschläge nach dem, was er schon über die Bewertungsfunktionen des Kunden weiss, selektioniert, z.B.:

AGENT: Eine Möglichkeit wäre natürlich auch, dass Sie mehr in den Norden gehen und z.B. ein Boot mieten.

- Der Agent führt neue Bewertungsdimensionen ein, z.B.:

AGENT: Sie dürfen allerdings nicht vergessen, dass es um diese Zeit dort empfindlich kalt sein kann.

- Der Agent versucht, modifizierend auf die Gewichtungen und die Bewertungsfunktionen des Kunden einzuwirken, z.B.:

AGENT: Also nach meiner Erfahrung kann New York auch sehr positive Seiten haben.

AGENT: Meinen Sie nicht. Sie unterschätzen die Strapazen, die es mit sich bringt, wenn Sie mit Kindern in einem fremden Land campieren?

Aus diesen paar Überlegungen lässt sich erkennen, wie eine Implementation etwa aussehen und arbeiten könnte. Ob sie sich allerdings wirklich realisieren liesse und ob sich auf diese Art, d.h. über eine Entscheidungsmatrix, tatsächlich ein gutes Modell der Reisebürosituation im Rahmen des bisher verwendeten Modells erstellen lässt, kann nur sowohl durch einen Simulationsversuch wie durch die Analyse einiger echter Dialoge geklärt werden. Diese Arbeit mochte ich hier aber nicht leisten, zumal mir scheint, dass sich bereits in dieser rudimentären Form eines Implementationsvorschlags zeigt, dass wir mit dieser Situation entschieden den Rahmen des Bisherigen verlassen würden. Und zwar in zwei Punkten:

Erstens einmal haben verschiedene Teile des Modells einen etwas speziellen Status. Die meisten Gewichte und Bewertungsfunktionen bilden nicht im gleichen Sinn etwas an einem Prototypen ab, der unabhängig von den beiden Gesprächspartnern gegeben ist, wie die bisher verwendeten "slots". Und entsprechend können sie während des Dialogs nicht nur von UNBEKANNT zu BEKANNT wechseln, sondern auch bekannte slot-Inhalte können unter Umständen modifiziert werden. Dies sprengt eindeutig den Rahmen des bisher Betrachteten und führt in Gebiete, in denen unsicheres Wissen und Dialoge, die dazu dienen, jemanden von etwas zu überzeugen, eine wichtige Rolle spielen - und damit auf eine Spur, die ich in dieser Arbeit nicht weiterverfolgen kann.

Zum zweiten sind hier die Ziele der beiden Partner oft nicht deckungsgleich. Der Kunde möchte im allgemeinen eine Reise zusammenstellen, die möglichst seinen Bedürfnissen entspricht. Und diese passen nicht immer in den Rahmen der vom Agenten schon im voraus fertig zusammengestellten Angeboten. Der Agent seinerseits hat aber ein Interesse, den Kunden genau in den Rahmen eines solchen vorfabrizierten Angebots zu bringen, da dies seinen Aufwand wesentlich reduziert. Damit verlassen wir aber wieder den bisher geltenden Rahmen, innerhalb dessen die beiden Partner immer das gleiche, vom Lerner gegebene Ziel bearbeitet haben. Wir kommen damit in einen Bereich nur noch partieller Kooperation - auch dies eine Spur, die ich nicht weiterverfolgen möchte.

Zusammenfassend lässt sich also zur "Reisebürosituation" feststellen, dass uns der Versuch, sie im bestehenden Modell zu implementieren, sofort über den bisherigen Rahmen dieses Modells hinausgeführt hat. Dabei wurde explizit klar, das Modell ist weder fähig, unsicheres Wissen abzubilden - was sich als schwerwiegender Mangel erweisen könnte -, noch antagonistische Ziele der Partner zu modellieren - was auch nie beabsichtigt war. Wir haben damit eine Situation kennen gelernt, auf die sich das Modell sicher nicht anwenden lässt.

2.3 "Wie war das mit dem t-Test?"

Hintergrund für die folgenden Überlegungen bilden zwei kleine Fallstudien. D.h. ich habe zwei Paaren die damit verbundene Aufgabe gestellt und dann versucht, ausgehend von dem, was sich mir als ersten Eindruck anbot, die Situationen in der Sprache des Modells zu rekonstruieren.

Die Aufgabe der beiden Paare (alle Teilnehmer mit abgeschlossenem Psychologiestudium) war es, aus dem, was ihnen an Erinnerungen an den Statistikerunterricht geblieben war, die Formel für den t-Test zu rekonstruieren. Der t-Test ist ein einfaches Verfahren, mit dem sich prüfen lässt, ob beobachtete Mittelwertunterschiede so gross sind, dass man annehmen darf, dass es sich dabei nicht nur um das Resultat zufälliger Schwankungen handelt.

Es war zu erwarten, dass keine der beteiligten Personen allein die Formel würde rekonstruieren können (was sich auch bestätigte). Darüber hinaus hoffte ich aber, dass das kombinierte Wissen jeweils zur Lösung ausreichen würde (was bei einem Paar dann auch offensichtlich der Fall war, obwohl sie aus anderen Gründen nicht zum richtigen Resultat gelangten).

Interessanterweise übernahm in beiden Fällen einer der beiden Teilnehmer klar die Führung und versuchte - laut denkend - das Problem praktisch allein zu lösen. Die Funktion seines Partners war in diesem Prozess offenbar nicht so sehr die eines Wissenslieferanten, sondern vielmehr die einer Kontrollinstanz, die zu prüfen hatte, ob die vorgelegten Gedankengänge korrekt waren. Dieses Vorgehen ergab sich z.T. aus klaren Wissensdifferenzen (v.a. beim zweiten Paar, das nicht zu einer Lösung kam, konnte einer der Partner nicht sehr viel beitragen). Ich hatte aber den Eindruck, dass sich hier ebenfalls eine Tendenz manifestierte, das Problemlösen zu zweit als zwei unabhängige Problemlöseprozesse zu betrachten (wie schon bei den Spielen beobachtet). Nur verzichtete hier jeweils einer der beiden Teilnehmer auf den Versuch, selbst etwas zur Lösung beizutragen.

Den Problemlöseprozess des dominanten Partners kann man in beiden Fällen als einen Prozess fortschreitender Konkretisierung beschreiben. D.h. beide begannen damit, in relativ vagen Begriffen zu formulieren, was sie sich unter einem t-Test vorstellten, und konkretisierten dann

einige dieser Begriffe immer mehr und detaillierter. Im einen Fall setzte sich dieser Prozess fort, bis genügend Details zusammengetragen waren, so dass sich eine (falsche) Formel zusammenstellen liess. Im anderen Fall versandeten all diese Konkretisierungsversuche früher oder später - wobei nicht ganz klar ist, ob es am mangelnden Wissen lag oder eher an einer gewissen Unsicherheit, die verhinderte, dass die angefangenen Wege zuende verfolgt wurden.

Die Rolle des anderen Partners bestand dann, wie schon gesagt, darin, dass er sich mit den Formulierungen des ersten einverstanden erklärte, bzw. Begründungen oder Präzisierungen verlangte. Dabei konnte es vorkommen, dass der dominante Partner beim Versuch, seine Formulierungen zu begründen, feststellte, dass sie nicht haltbar waren und durch andere, zutreffendere, ersetzt werden mussten.

Lassen sich nun solche Gespräche mit unserem Programm simulieren? Verschiedene Punkte sind zweifellos gegeben: So arbeiten die beiden an einem gemeinsamen Ziel; sie können kein externes Wissen beziehen; das Problemgebiet (bzw. ihr Wissen darüber) ist abgeschlossen genug, so dass es vollständig abgesucht werden kann; und sogar das Ziel ist relativ klar definiert - jedenfalls war die Gruppe, die zu einer (falschen) Lösung gelangte, überzeugt davon, das Ziel erreicht zu haben.

Das Wissen lässt sich in "frame-Form" bringen, indem man jede Formulierung, die von einem Partner vorgebracht wird, als frame betrachtet, in dem die Begriffe Etiketten für slots sind, in denen wiederum ganze frames Platz haben. Z.B. "Der t-Test ist ein Mittelwertsvergleich" kann man sich als frame denken, der die zwei slots "Mittelwert" und "Vergleich" enthält, die ihrerseits wieder selbst komplexe frames mit weiteren slots darstellen. Und so gesehen kann man den beobachteten Problemlöseprozess auch als Suchprozess verstehen, der ausgehend von leeren slots über passende frames andere leere slots zu Subzielen macht, etc..

Eine Implementation im bestehenden Programm scheint mir deshalb möglich. Allerdings würde sie vermutlich zu komplex sein, als dass sie sich mit den vorhandenen Mitteln (und innert nützlicher Frist) realisieren liesse. Die folgenden Überlegungen stammen deshalb nur von einer Papier-und-Bleistift-"Simulation" der Simulation.

Spielt man einen für dieses Problem typischen Suchprozess durch, dann zeigt sich sofort, dass er, wie schon aus der oben gegebenen Beschreibung der Gespräche folgt, eine Form hat, der von den bisher betrachteten abweicht. Bisher (d.h. vor allem in den Spielen) war es so, dass alle frames bzw. alle slots auf der gleichen Ebene lagen, indem es keinen frame gab, der dadurch in einen anderen eingebettet war, dass er die Füllung eines slots bildete. Der Suchprozess verlief dort also "horizontal".

Das Verfahren besteht also darin, einen slot (sei es nun das Hauptziel oder irgendein Subziel) provisorisch zu füllen und dann die Konsequenzen soweit weiterzuverfolgen, bis sich ein Widerspruch ergibt oder bis sich die Hypothese bestätigen lässt.

Natürlich ist dieses Verfahren im Rahmen der Spiele nicht besonders sinnvoll, da es einerseits keine Anhaltspunkte für vernünftige Hypothesen gibt und da andererseits aus einer Hypothese genau der gleiche Suchprozess resultiert, wie er bisher verwendet wurde. Im Falle "vertikaler" Konkretisierungsprozesse lässt sich dieses Hypothesenbildern aber nicht umgehen, denn jeder Versuch, Subziele zu bilden, indem man in einen slot einen frame einfügt, stellt, ausser man weiss sicher, dass das der richtige frame ist, eine Hypothese dar.

Formal allerdings lässt sich die erste Art von Suchprozess ("ohne Hypothese") leicht in die zweite Art ("mit Hypothesen") überführen. Wenn nämlich jemand bei den Zahlenquadrat-Problemen einen slot (ein Feld) als Subziel zu irgendeinem Ziel auswählt, dann bedeutet das ja gleichzeitig, dass er annimmt, dass sich dieser slot füllen lässt - ansonsten wäre sein Vorgehen unsinnig. Die Wahl eines slots als Subziel und damit auch jede Frage beinhaltet also selbst schon eine Hypothese. Diese Hypothese kann sich bestätigen und wird dann durch die genaue Füllung des slots (einer Zahl) präzisiert. Oder sie führt zu einem Wider Spruch. Dann nämlich, wenn sich das zugehörige Subziel als Sackgasse erweist, also nicht gefüllt werden kann.

So gesehen, haben wir im Fall der Spiele folgende Situation:

In den slot "ELEMENT X Y" passen die frames

- ELEMENT X Y IST GLEICH ZAHL; mit dem slot ZAHL
- ELEMENT X Y IST DEFINITIV UNBEKANNT; ohne slots

Dieses einfache Muster erweitert sich im t-Test-Beispiel dadurch, dass sich die Anzahl der möglichen frames als Füllungen für einen bestimmten slot erhöht. Z.B.:

In den slot "VERGLEICH" passen folgende frames

- VERGLEICH-1; mit den slots S11, S12, ..., S1i
- VERGLEICH-2; mit den slots S21, S22, ..., S2k
-
-
- VERGLEICH-n; mit den slots Sn1, Sn2, ..., Snl
- VERGLEICH IST DEFINITIV UNBEKANNT; ohne slots

Es besteht also eine enge Analogie zwischen dem hier beim "t-Test" beobachteten Konkretisierungsprozess und den bisher analysierten Suchprozessen. Der wesentliche Unterschied liegt dann einmal darin, dass die Rolle, die bisher die Fragen gespielt haben, hier auch von Vermutungen übernommen werden kann, die im Gespräch nicht unbedingt

als Fragen erkennbar sind. Und zum zweiten sind hier für einen slot

unter Umständen mehr als nur die beiden Füllungen "BEKANNT" und "SACKGASSE" möglich. Kommt also der Suchprozess ohne Resultat zu einem slot zurück, bedeut dies nicht mehr automatisch, dass dieser zur Sackgasse wird, da vielleicht noch andere, bisher nicht verwendete, mögliche Füllungen als Hypothesen eingesetzt werden können.

Aufgrund der Analogie ist denkbar, dass unsere bisherigen Regeln auch auf Probleme vom Typ "vertikale Konkretisierungen" anwendbar sind, wenn wir nur den zwei gerade erwähnten Unterschieden Rechnung tragen. Dies können wir tun, indem wir die Regeln wie folgt abändern.

1. Jede Vermutung muss aufgegriffen und zu Ende verfolgt werden. Eine Vermutung kann sich dabei äussern als:
 - eine hypothetische Formulierung, die es zu überprüfen gilt.
 - eine direkte Frage, die die Vermutung enthält, dass sie irgendwie beantwortbar ist.
2. Bei den Antworten auf eine Vermutung/Frage muss klar unterschieden werden, ob sie momentan noch nicht bestätigt/abgelehnt werden kann oder ob es definitiv nicht möglich ist, sie zu bestätigen bzw. abzulehnen, da das Wissen dazu fehlt.
3. Jede Vermutung/Frage ist vollständig zu begründen (d.h. für beide Partner muss klar sein, auf welchem Weg ihre Beantwortung/Bestätigung zur Erreichung des Hauptziels führt).

7. Bei Sackgassen muss genau geprüft werden, ob alle Möglichkeiten zum Ziel zu gelangen berücksichtigt wurden. Es kann sein, dass ein mögliches Subziel übersehen wurde oder aber, dass an dieser Stelle mit einer unzutreffenden Vermutung operiert wurde, die sich durch eine zutreffendere ersetzen lässt.

Die Regeln 4 bis 6 bleiben sich gleich. Mit dieser Erweiterung wäre es denkbar, dass sich das Modell auch auf "Konkretisierungsprozesse" anwenden lässt. Sie ist natürlich spekulativ (v.a. auch, weil ich keine Implementation versucht habe) und ob sie sich bewährt, werden wir erst sehen, wenn wir Leute diese Regeln anwenden lassen. Sie scheint sich mir aber plausibel genug aus der Analyse der Situation zu ergeben, dass es sich lohnt, sie vorzunehmen. Zumal wir damit eine wesentliche Erweiterung des Geltungsbereichs des Modells erreichen.

Zusammenfassend lässt sich also aus der Analyse der "t-Test-Situation" sagen:

- Der damit verbundene Problemlöseprozess liess sich mit einer Papier-Bleistift-Erweiterung des Modells als Suchprozess beschreiben, der dem bisher betrachteten Prozess nahe verwandt ist.
- Dabei stellt sich heraus, dass eine Erweiterung der Regeln (wie oben durchgeführt) eventuell den Geltungsbereich des Modells um einiges erweitern kann.

2.4 Schlüsse und Konsequenzen

1. Einschränkungen des Gültigkeitsbereichs des Modells
2. Erweiterungen des Modells
3. Anwendbarkeit des Modells

2.4.1 Einschränkungen des Gültigkeitsbereichs des Modells

Als Folge der Betrachtungen dieses Abschnitts müssen wir auf jeden Fall eine weitere Einschränkung des Gültigkeitsbereichs des Modells explizit machen» die bisher nur implizit wirksam war: Das Modell ist auf Situationen beschränkt, in denen das Wissen über den Gegenstand eindeutig und sicher ist. Es eignet sich also sicher nicht für Gespräche, in denen es den Partnern darum geht, Bewertungen des Gegenstandes durch den anderen zu beeinflussen und zu verändern.

Zum zweiten hat sich gezeigt, dass ein weiterer, bisher vernachlässigter Kommunikationszirkel bei den hier behandelten Problemen von Bedeutung sein kann. Vermutlich wäre aber eine Untersuchung dieses Zirkels ebenso aufwendig, wie die hier vorgenommene des Frage-Wissensgegenfrage-Zirkels. Ich kann also, wenn ich diese Arbeit einigermaßen begrenzt halten will, auch darauf nicht im Detail eingehen und muss auch hier eine Einschränkung vornehmen. Das Modell beansprucht folglich nur Gültigkeit für Situationen, in denen der Antwort-Nachfrage-Zirkel keine grosse Rolle spielt, d.h. für Situationen, in denen der Antwortende relativ gut abschätzen kann, was tatsächlich eine brauchbare Antwort für den Fragenden darstellt.

2.4.2 Erweiterungen des Modells

Es ergeben sich zwei bedeutsame Erweiterungen des Modells. Nämlich einmal die Einführung von Suchprozessen, die mit hypothetischen slot-Füllungen arbeiten. Dank der zwischen den bisher betrachteten Prozessen und diesen neuen Prozessen bestehenden Analogie, können die Konsequenzen aus dieser Erweiterung versuchsweise einfach dadurch gezogen werden, dass wir, wie versucht, die Regeln entsprechend umformulieren.

Zum zweiten wird das Modell explizit um den "Antwort-Nachfrage"-Zirkel erweitert. Wegen der oben getroffen Einschränkung bleibt diese Erweiterung aber ohne praktische Konsequenzen.

2.4.3 Anwendbarkeit des Modells

Einerseits haben die drei durchgeführten Analysen deutlich gezeigt, dass es - wie nicht anders zu erwarten war - Situationen gibt, in denen die Anwendung des Modells schlecht bis gar nicht (Reisebüro) möglich ist. Darauf muss ein allfälliger Benutzer unseres Modells durch klar explizit gemachte Einschränkungen hingewiesen werden.

Zu zweiten glaube ich aber, dass sie auch gezeigt haben, dass sich das Modell in anderen Situationen von der Struktur her eignet, Teilaspekte dessen abzubilden, was in jenen Situationen geschieht (Weg-Erklären und t-Test). Von daher scheint mir die Erwartung weiter gerechtfertigt, dass sich nicht-triviale Alltagssituationen finden lassen, in denen die mit dem Modell verbunden Regeln .wirksam sind. Dies

v.a. auch nach den getroffenen Erweiterungen und nachdem sich beim "t-Test" schon Anzeichen von Schwierigkeiten, die mit dem "Frage-Wissensgegenfrage"-Zirkel verbunden sind, bemerkbar machten.

Interessant ist auch, dass die Anwendung des Modells auf eine wirklich sehr alltägliche Situation, nämlich das "Weg-Erklären", möglich war und dass es sich dabei tatsächlich gezeigt hat, dass es sich bei diesem Problem um einen in Bezug auf den "Frage-Wissensgegenfrage"-Zirkel sehr flachen Suchraum handelt. Diese Beobachtung dürfte meine Vermutung über die Struktur trivialer Alltagsprobleme weiter stützen.

3. Die praktische Anwendung des Modells in nicht-trivialen Alltagssituationen

1. Die Modellrelation
2. Beobachtungen in verschiedenen Situationen
3. Ein direkter Vergleich zwischen "mit Regeln" und "ohne Regeln"

Von dem, was wir eingangs als Programm für den Teil III aufgestellt hatten, lassen sich bisher folgende Punkte klären:

Einmal scheint der Anwendungsbereich des Modells nicht leer zu sein. Denn einerseits lassen sich zumindest in einer theoretischen Analyse Alltagssituationen finden, die von der Struktur her auf das Modell passen. Und andererseits konnten verschiedene Anzeichen dafür beobachtet werden, dass menschliche Gesprächspartner tatsächlich Schwierigkeiten haben, mit komplexeren "Frage-Wissensgegenfrage"-Zirkeln umzugehen (zumindest bei den Spielen).

Zum zweiten konnten wir die Regeln etwas vom Ballast befreien und andererseits durch die Erfahrungen der "Experten" anreichern, so dass wir nun annehmen können, dass unsere Sammlung bezüglich der Probleme des "Frage-Wissensgegenfrage"-Zirkels - zumindest so, wie er sich in den Spielen präsentiert - nicht aus lauter Trivialitäten besteht.

Offen sind noch zwei Fragen. Zuerst gilt es nun zu klären, ob sich unter den Alltagssituationen, auf die das Modell von der Struktur her anwendbar wäre, solche finden lassen, in denen die Regeln ebenfalls spontan nicht angewendet werden. Sollte das der Fall sein, bleibt noch als letzte Frage, ob die Regeln in diesen Situationen auch wirksam sind, d.h. ob Leute, die die Regeln anwenden, im Schnitt häufiger zu einem Resultat gelangen als die, die das nicht tun.

Bevor es nun möglich ist, das Modell wirklich direkt anzuwenden, müssen wir zuerst noch klären, was es genau bedeutet, "das Modell anzuwenden". Die in Abschnitt 2 versuchten Anwendungen bestanden darin, dass wir versucht haben, eine Implementation der jeweiligen Situation zu finden, so dass das bestehende Simulationsprogramm sie behandeln konnte. Das ist aber selbstverständlich nicht die Art der "Anwendung", die dieser Arbeit als Ziel zugrundeliegt. "Anwendung" bedeutet von der Hauptzielsetzung ausgehend vielmehr, dass Gesprächspartner die sich aus dem Modell ergebenden Regeln in konkreten Situationen verwenden, um ihr Gespräch zu steuern. Damit sie das tun können, müssen wir zuerst noch verschiedene Punkte des Modells - v.a. zur Modellrelation - genauer ausformulieren, als das bisher geschehen ist.

3.1 Die Modellrelation

1. Der aktuelle Stand des Modells
2. Wie erkennt man, ob eine prototypische Situation vorliegt?
3. Wie modelliert man den Prototypen mit Hilfe des Modells?
4. Wie erkennt man, ob die Anwendung des Modells ihr Ziel erreicht?

3.1.1 Der aktuelle Stand des Modells

Fassen wir als Ausgangspunkt zuerst einmal zusammen, wo wir stehen. Zur Beschreibung "unseres" Modells können wir ebenfalls die üblichen fünf Bestimmungsstücke anwenden.

- **Subjekt:** Modellierendes Subjekt bin selbstverständlich einmal ich; aber sofern der Leser mir bis hierher gefolgt ist, können wir auch das ominöse "wir" als Subjekt betrachten.

- **Prototyp:** Prototyp des Modells sind, vage umrissen. Dialogsituationen, in denen zwei Partner ihr Wissen teilen. Im bisherigen Verlauf der Arbeit haben wir dazu diverse präzisierende Einschränkungen gemacht. Ich werde auf sie im nächsten Abschnitt im einzelnen eingehen.

- Ziele: Erklärtes Ziel des Modells ist es, einen Satz von Kommunikationsregeln zu finden, die relevant, nicht-trivial und wirksam sind.

- Modellsystem: Alle Details der Struktur des Modells lassen sich hier nicht nochmals aufzeigen. Zusammenfassend mögen ein paar Stichworte genügen. Das Modell umfasst bisher:

1. die vier Kommunikationszirkel

- A Frage und Antwort
- B Frage und Verständnisgegenfrage
- C Frage und Wissensgegenfrage
- D Antwort und präzisierende Nachfrage

sowie deren allgemeine Strukturmerkmale (vgl., Teil I, 2.2);

2. Dialog als Suchprozess (mit oder ohne Hypothesen) über die gemeinsame, in Form von frames repräsentierte Wissensstruktur und eine minimale Strategie für diesen Prozess (vgl. Teil II, 1.4);

3. die minimal notwendigen Sprachen in Abhängigkeit vom speziellen Problemtyp (vgl. Teil II, 4.1).

4. Die Kommunikationsregeln ;

1. Jede Frage/Vermutung muss aufgegriffen und zu Ende verfolgt werden.
2. Bei Antworten ist zwischen momentan und definitiv unbekannt/unentscheidbar zu unterscheiden.
3. Jede Frage/Vermutung ist so zu "begründen", dass klar ist, wie sie zur Erreichung des Hauptziels beiträgt.
4. Alle Antworten sind gleich wie die Fragen/Vermutungen zu "begründen".
5. Wichtig ist eine gute Notation; am besten ein UND/ODER-Baum der Ziele und Subziele.
6. Bewusste Planung ; Jedes mal, wenn ein Ziel in Subziele expandiert wird, verständigen sich die beiden Partner darüber, welche Subziele jeder hat.
7. Bei "Sackgassen" genau testen, ob alle Möglichkeiten berücksichtigt wurden. Es kann sein, dass ein mögliches Subziel vergessen wurde, oder aber, dass an dieser Stelle mit einer Vermutung gearbeitet wurde, die falsch ist und die durch eine zutreffendere ersetzt werden kann.

- Modellrelation: Am wenigsten explizit ausgearbeitet am ganzen Modell ist bisher die Relation, die jeweils eine konkrete Ausgestaltung des Modells mit einem spezifischen Prototypen verbindet. In der kontrollierten Spielsituation war es relativ einfach, z.B. das Wissen der Spieler über den Gegenstand abzubilden. Dies natürlich nur darum, weil wir dieses Wissen selbst hergestellt hatten. Im allgemeinen wird diese Abbildung aber nicht möglich sein.

Das Modell erhebt aber auch nicht den Anspruch, das Wissen der Dialogpartner explizit abzubilden. Es genügt bereits, die allgemeine Struktur des Problems, an dem die beiden Partner arbeiten, zu erfassen, d.h. sicherzustellen, dass der Prototyp den oben formulierten Einschränkungen genügt. Auf einer relativ intuitiven Basis habe ich das bei den drei "Alltagssituationen" in Abschnitt 2 versucht. Für die folgende empirische Überprüfung ist es aber notwendig, hier explizitere Festlegungen zu treffen. Dabei wird es notwendig sein, immer zwei verschiedene "Anwender" im Auge zu behalten. Einmal ist da sicher der eigentliche "Benutzer" des Modells, der wissen möchte, ob es sinnvoll ist, in einem bestimmten Gespräch die Regeln einzusetzen. Auf der anderen Seite haben wir aber auch den Forscher, der Gesprächsthemen finden muss, von denen er im voraus mit einiger Sicherheit annehmen kann, dass das Modell auf die sich entwickelnden Gespräche anwendbar ist.

3.1.2 Wie erkennt man, ob eine prototypische Situation vorliegt?

Wie gesagt, geht es dabei darum, sicherzustellen, dass der Prototyp den zehn oben aufgeführten Einschränkungen genügt. Betrachten wir zuerst die Punkte 1 bis 4 und 8:

1. Die beiden Partner verfolgen ein gemeinsames Ziel.
2. Keiner der beiden Partner kann das Problem allein lösen.
3. Es werden keine externen Informationsquellen beigezogen.

4. Der "Lerner" ist in der Lage festzustellen, wann das Ziel erreicht ist.
8. Der Gesprächsgegenstand ist objektiv gegeben und das Ziel des Gespräches ist es nicht, Bewertungen zu verändern.

Bei diesen Kriterien ist es sicher in vielen Situationen unproblematisch festzustellen, ob sie erfüllt sind. Auch bieten sie keine allzu grossen Probleme, wenn man sie im Rahmen eines Experiments sicherstellen will. Natürlich wird es Grenzfälle geben, bei denen Vorsicht geboten ist (z.B. Punkt 4 beim "Weg-Erklären"). Darauf möchte ich hier aber nicht weiter eingehen.

5. Das für die Situation relevante Wissen der Partner ist als System von frames repräsentiert.

Sofern die Überlegungen im Teil II (1.1.1) korrekt waren, stellt dies keine eigentliche Einschränkung dar, da, damit ein Frage-Antwort-Prozess möglich ist, immer eine solche Repräsentation gegeben sein muss. Punkt 5 ist also auf jeden Fall erfüllt.

6. Der Problemlöseprozess hat die Form eines Suchprozesses.

Um abzuklären, unter welchen Umständen diese Forderung verletzt sein konnte, müssen wir uns überlegen, welche anderen Arten von Problemlöseprozessen noch denkbar wären.

Man kann Problemlöseprozesse u.a. auf der Dimension "strukturiert/un-strukturiert" ordnen. Auf dieser Dimension liegen Suchprozesse in einem mittleren Bereich. Strukturiertes als sie sind fixe Algorithmen (Pläne), die bei einer bestimmten Problemstellung die gegebene Information automatisch auf das gewünschte Ziel hin verdichten (vgl. Newell & Simon, 1972). Im Falle der "Zahlenquadrat-Probleme" würde z.B. ein algorithmischer Problemlöseprozess vorliegen, wenn jemand, anstatt die gegebenen Relationen abzusuchen, sie als Gleichungssystem behandelt und dann den üblichen Algorithmus, der zur Auflösung eines solchen Systems dient, anwendet.

Algorithmen sind aber nur anwendbar, wenn die ganze notwendige Information der Person, die sie anwenden will, bereits zur Verfügung steht. Ist das nicht der Fall, dann muss - als Subziel - diese Information zuerst beschafft werden, was nur durch einen Prozess ausserhalb des spezifischen Algorithmus geschehen kann. Man kann das wieder mit einem Beispiel aus den "Zahlenquadrat-Problemen" illustrieren. Dort stellt die Anwendung einer additiven Relation ein algorithmisches Verfahren dar, um aus drei Zahlen die vierte zu berechnen. Die Relation kann aber nur eingesetzt werden, wenn diese drei Zahlen schon bekannt sind. Algorithmen können also im Problemlöseprozess eine wichtige Rolle beim Generieren von Subzielen spielen. Sie müssen aber - da in unseren Situationen per Definition nie alle notwendige Information gegeben ist - immer in weniger strukturierte Prozesse, z.B. Suchprozesse, integriert sein, die ihnen die notwendigen Informationen liefern.

Weniger strukturiert als Suchprozesse sind einfache Wissens-Anreicherungs-Strategien, die vom gegebenen Wissen ausgehen und mögliche Schlussfolgerungen ableiten, bis sich das Wissen zur Lösung verdichtet. Ein solches Vorgehen ist selbstverständlich in allen bisher betrachteten Situationen auch denkbar (z.B. "Alles-fragen-alles-sagen").

Ist das gesamte Wissen einer einzelnen Person voll zugänglich, dann brauchen sich solche Strategien formal nicht wesentlich von Suchprozessen zu unterscheiden ("vorwärts suchen" - d.h. vom gegebenen Wissen aus - im Vergleich zu "rückwärts suchen" - d.h. vom Ziel aus; vgl. Nilsson, 1971). Ist das Wissen dagegen auf zwei Personen verteilt, ergeben sich doch wesentliche Unterschiede, wie eine kurze Überlegung zeigt: Zu Beginn der Problemlösephase können eventuell beide Partner rein intern eine Wissens-Anreicherung vornehmen. Da aber das Problem per Definition für die einzelnen allein nicht lösbar ist, muss dieser Prozess irgendwann zum Stillstand kommen, d.h. es muss eine Situation geben, in der beide Partner aus ihrem Wissen allein keine weiteren Folgerungen ableiten können (z.B. die Ausgangssituation im Problem im Teil II, 3.2). In diesem Moment muss einer der beiden Partner beginnen, dem anderen Teile seines Wissens zu vermitteln. Da er nicht gezielt danach gefragt wurde, kann er nicht wissen, was dem anderen schon bekannt ist; und wenn sich das Wissen der beiden Beteiligten stark überlappt, ist die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass er v.a. Bekanntes erzählt. Es lassen sich leicht Probleme konstruieren, in denen dieser Effekt extrem auftritt. "Wissensanreicherungsstrategien" sind also in Dialogsituationen meist weniger effizient als "Rückwärts-Suchen", wo nur erfragte und somit sowohl unbekannte wie brauchbare Wissensstücke mitgeteilt werden.

Die Einschränkung auf ("rückwärts") Suchprozesse stellt also in Richtung strukturiertere Lösungsprozesse kein Problem dar, da solche im Rahmen unserer Situationen nur eingebettet in andere Prozesse auftreten können. In Richtung weniger strukturierte Prozesse werden dagegen dadurch effektiv mögliche Lösungsprozesse ausgeschlossen. Da diese aber im allgemeinen mit viel grösserem Aufwand verbunden sind, lässt es sich vertreten, die Sicherstellung von Punkt 6 einfach

dadurch zu gewährleisten, dass wir die Verwendung eines Suchprozesses den Gesprächspartnern als weitere Regel vorschlagen. So gesehen bietet Punkt 6 in der Anwendung des Modells kein Problem.

7. Das für die Situation relevante Wissen der beiden Partner ist widerspruchsfrei.

Dies kann in konkreten Situationen im allgemeinen nicht im voraus überprüft werden. Ist das Gespräch jedoch im Gang, lässt sich eine Verletzung der Bedingung leicht erkennen, da dann der Wider Spruch ja offen zu Tage treten muss. Von daher stellt diese Forderung bei der Anwendung des Modells kein grosses Problem dar. Man kann einfach in jedem Fall zu Beginn des Gesprächs annehmen, dass sie erfüllt ist, d.h. dass das Modell und die damit verbundenen Regeln anwendbar sind. Treten dann trotzdem Widersprüche auf, ist es immer noch möglich, diese Regeln zu verlassen und zu anderen - für den Fall von Widersprüchen adäquateren - Regeln überzugehen.

Problematischer ist der Punkt dagegen, wenn es - wie im folgenden - darum geht, Situationen zu finden, die dem Modell entsprechen, damit sich daran überprüfen lässt, ob das Modell sein Ziel erreicht. Dann sind wir trotz aller Schwierigkeiten dazu gezwungen, im voraus für einzelne Situationen abzuschätzen, wie wahrscheinlich es ist, dass störende Widersprüche auftreten. Nun ist es im Rahmen des Modells nicht unbedingt notwendig, dass überhaupt keine Schwierigkeiten mit Widersprüchen auftreten. Macht z.B. ein Partner im Verlauf des Suchprozesses eine Aussage, die im Widerspruch zum Wissen des anderen Partners steht, dann kann dieser Konflikt unter Umständen streng "lokal" gelöst werden. Mit "lokal" meine ich, dass die beiden Partner zur Lösung des Widerspruchs in den eigentlichen Suchprozess einen kürzeren oder längeren Dialog einschieben, der den Suchprozess nicht berührt. Und dass dann, wenn der Widerspruch gelöst ist, der Suchprozess an der gleichen Stelle wieder aufgenommen wird, an der er unterbrochen wurde (analog dem "Frage-Verständnisgegenfrage"-Zirkel aus Teil I). Ist das der Fall, wird die Gültigkeit des Modells für den "normalen" Problemlöseprozess nicht beeinträchtigt. Der eingeschobene Klärungsdialog wird vom Modell einfach nicht erfasst.

Mögliche Situationen mit solch rein lokalen Widersprüchen könnten sein: Probleme, die einen Gegenstand betreffen, über den beide Partner einmal ein vollständiges und identisches Wissen hatten, so dass die "Löcher" nur auf Vergessen zurückzuführen sind; interdisziplinäre Situationen, in denen jeder Partner für einen anderen Aspekt des Gegenstandes Experte ist, so dass sich Widersprüche dadurch lösen, dass sich der Experte durchsetzt; etc.

9. Die Partner sind in der Lage, "gute" Antworten zu geben.

Die Situation ist bei Punkt 9 insofern ähnlich, als die damit verbundenen Probleme ebenfalls nicht mit dem hier betrachteten Suchprozess interferieren, wenn sie streng lokal bleiben. Ein wichtiger Unterschied besteht aber darin, dass sich Widersprüche relativ direkt aufdrängen, wogegen unbrauchbare Antworten unentdeckt bleiben können, bis das im Gespräch erworbene Wissen später einmal angewendet werden soll. Damit die durch unbrauchbare Antworten hervorgerufenen Probleme überhaupt eine Chance haben, lokal zu bleiben, muss deshalb sichergestellt sein, dass der Fragende bei jeder Antwort diese sorgfältig daraufhin prüft, ob sie eine brauchbare Antwort in seinem Sinn darstellt (wie in Punkt 4 angenommen, kann er das). Ähnlich wie beim Suchprozess bei Punkt 5 können wir versuchen, dies durch eine weitere Regel sicherzustellen.

Soll eine Situation gefunden werden, in der von Anfang an relativ klar ist, dass dieser Punkt keine Schwierigkeiten macht, dann wird man nach Situationen suchen müssen, in denen für beide Partner relativ einfach zu überprüfen ist, ob sie gute Antworten geben und erhalten. Das wird wohl v.a. dann der Fall sein, wenn das direkte Produkt des Gesprächs das eigentliche Ziel ist (z.B. der Beweis eines mathematischen Lehrsatzes) und nicht erst seine spätere Anwendung in einem anderen Kontext (z.B. "Weg-Erklären").

10. Heuristiken sind zur Lösung des Problems nicht notwendig und die Gesprächspartner wissen das.

Diese Formulierung unterscheidet sich etwas von der ursprünglichen Forderung (Teil II, 1.1.4). Dort hatten wir die Einschränkung getroffen, dass die beiden Partner keine Heuristiken verwenden sollten. Nun werden aber menschliche Dialogpartner immer spontan irgendeine Heuristik einsetzen, wie sich leicht beobachten liess, so dass die Forderung unrealistisch ist. Die Verwendung von Heuristiken stört uns aber genau dann nicht, wenn die Dialogpartner dabei in all den Fällen zu einer Lösung gelangen, in denen ein vollständiges Absuchen des Problemraums auch zum Ziel führt. Dazu muss zum einen der Problemraum klein genug sein, so dass eine vollständige Suche pragmatisch überhaupt durchführbar ist. Und zum zweiten müssen die beiden Dialogpartner, immer dann, wenn ihre Heuristik versagt, auf eine vollständige Suche umschalten.

Es scheint mir beim jetzigen Wissensstand kaum möglich, klar zu sagen, was ein "kleiner Problemraum" genau bedeutet. Punkt 10 kann deshalb nur ganz vage als Warnung verstanden werden, dass sich das Modell sicher nicht auf beliebig komplexe Probleme anwenden lässt. Da sich die Komplexität des Problems auch in der Zeit äussert, die benötigt wird um es zu behandeln, würde ich rein intuitiv aus der bisherigen Erfahrung als Mass für die obere Grenze vorschlagen, dass das Problem in höchstens ein bis zwei Stunden bearbeitbar sein sollte.

Eine prototypische Situation liegt also dann vor, wenn:

- a) beide Partner das gleiche Ziel verfolgen und dieses Ziel darin besteht, über einen objektiv gegebenen Gegenstand etwas zu erfahren (und nicht darin, Werte zu verändern).
- b) keiner der beiden Partner das Problem allein lösen kann.
- c) keine externe Informationsquelle beigezogen wird.
- d) der "Lerner" in der Lage ist, festzustellen, wann das Ziel erreicht ist.
- e) sich die Partner an die Regel halten, dass als Problemlösungsprozess ein Suchprozess verwendet werden soll und dass jede Antwort sofort darauf geprüft wird, ob sie eine gute Antwort ist.
- f) noch keine nicht-lokalen Widersprüche aufgetreten sind.
- g) das Problem nicht allzu komplex ist (also nicht mehr als zwei Stunden zur Lösung notwendig sind).

Mit Hilfe dieser sieben Regeln sollte es möglich sein, in aktuellen Situationen zu entscheiden, ob das Modell anwendbar ist. Und zusammen mit den zu den Punkten 7 und 9 gemachten Zusatzüberlegungen sind wir in der Lage, im voraus Situationen auszuwählen, in denen das Modell vermutlich anwendbar ist.

3.1.3 Wie modelliert man den Prototypen mit Hilfe des Modells?

Ist man überzeugt, dass das Modell auf eine bestimmte Situation anwendbar ist, ist damit die Situation natürlich noch nicht abgebildet. Das Modell spricht von Dingen wie "Fragen", "Zielen", etc. und die müssen mit etwas am Prototypen in Bezug gebracht werden.

Wir müssen hier wieder zwischen dem "Benutzer" und dem "Forscher" unterscheiden, für die sich das Problem unterschiedlich stellt. Für den Benutzer ist entscheidend, dass er sein Verhalten mit den Regeln in Übereinstimmung bringen kann. Dazu braucht er zweierlei. Einmal muss er die Regeln kennen und verstehen, d.h. sie mit seinem Alltagswissen verbinden können. Und zum zweiten muss er lernen, mit Hilfe der "verstandenen" Regeln sein Handeln zu steuern. Der erste Punkt lässt sich durch eine Art Gebrauchsanweisung abdecken; der zweite verlangt ein Training. Für beide Punkte ist nicht apriori klar, wie sie verwirklicht werden können. Auch hier werden verschiedene Versuche und Revisionen notwendig sein. Ein erster Versuch einer "Gebrauchsanweisung" findet sich in Anhang E. Sie stellt eine relativ intuitive Zusammenfassung dessen dar, was von dieser Arbeit für den Anwender der Regeln wichtig erscheint, und ist durch Erfahrungen beeinflusst, die ich bei Versuchen, Nicht-Psychologen meine Arbeit zu erklären, gemacht hatte. Als erste Version eines Trainings möchte ich im folgenden zuerst einmal mit einer absoluten Minimalversion Erfahrungen sammeln, die nur darin besteht, dass die Gesprächspartner die Gebrauchsanweisung zum Lesen erhalten.

Für den Forscher stellt sich das Problem etwas anders. Da wir uns einmal dafür interessieren, ob die Regeln allenfalls schon spontan angewendet werden, und zum zweiten wissen möchten, ob die bewusste Anwendung etwas bringt, müssen wir eine Möglichkeit haben, als aussenstehender Beobachter festzustellen, ob die Regeln angewendet werden. In den bisherigen Situationen war die "inhaltsanalytische" Auswertung der Dialoge dank der eingeschränkten Sprache problemlos möglich. Nun müssen aber, damit sich auch Gespräche in Alltagssituationen inhaltsanalytisch auswerten lassen, die Definitionen, wie das Auftreten einer Regelanwendung festgestellt werden kann, allgemeiner gefasst werden. Das dazu notwendige inhaltsanalytische Kategoriensystem findet sich im Anhang F.

3.1.4 Wie erkennt man, ob die Anwendung des Modells ihr Ziel erreicht?

Die für diese Arbeit auslösende Motivation war die, dass ich immer wieder Problemlöse-Gespräche erlebte, in denen einerseits kein Ziel erreicht wurde und andererseits aber auch keiner der Beteiligten so recht wusste, warum dies geschehen war. Die Regeln sollten also eine doppelte Wirkung haben. Erstens einmal sollte natürlich ein durch die Regeln geleitetes Gespräch - sofern immer möglich - zu einer Lösung führen. Da wir aber nicht voraussetzen können, dass das Wissen der beiden Beteiligten immer ausreicht, sollten die Regeln zum zweiten garantieren, dass die Beteiligten, wenn sie nicht zu

einer Lösung gelangen, nachher wenigstens wissen, warum das so war, also wo in ihrem Wissen Lücken sind.

Für den Benutzer des Modells sollte sich die Anwendung der Regeln also darin niederschlagen, dass er nicht mehr in Situationen gerät, in denen das Gespräch keine Lösung des Problems bringt, obwohl er den Eindruck hat, dass dies möglich sein sollte. Entschliesst er sich, das Modell probierhalber anzuwenden, dann wird wohl für ihn ein subjektiver Vergleich zwischen Situationen, in denen er die Regeln anwendet, und solchen, in denen er es nicht tut, das Überzeugendste sein.

Wollen wir ihn aber dazu überreden, einen solchen Test einmal zu versuchen, dann müssen wir mit "intersubjektiveren" Argumenten aufwarten. Auf dieser Ebene gesehen, erreicht unser Modell sein Ziel, wenn sich Situationen von allgemeinerem Interesse finden lassen, in denen - gleiches Vorwissen vorausgesetzt -

- a) Personen, die die Regeln explizit anwenden, im Schnitt häufiger zu einer Lösung gelangen, als solche, denen die Regeln nicht explizit bekannt sind.
- b) Personen, die die Regeln explizit anwenden, präziser sagen können, wo das Problem liegt, wenn sie zu keiner Lösung gelangen - verglichen mit Personen, denen die Regeln nicht explizit bekannt sind.

Punkt a) lässt sich relativ einfach experimentell überprüfen. Punkt b) dagegen ist nicht so direkt zugänglich, sondern muss indirekt erschlossen werden. Trifft Punkt b) zu, dann sollten Personen, die die Regeln anwenden, auch in der Lage sein, gezielter auf die Suche nach dem fehlenden Wissen zu gehen, da sie ja genauer wissen, was ihnen fehlt. Aufgrund dieser Zusatzannahme kann man ein Experiment als eine Art Spiel arrangieren, in dem die Teilnehmer eine Frage an den Versuchsleiter frei haben. Dann sollten

- bb) Personen, die die Regeln explizit anwenden, im Schnitt mit Hilfe einer Zusatzfrage häufiger zu einer Lösung gelangen.

3.2 Beobachtungen in verschiedenen Situationen

1. Die Wahl geeigneter Situationen
2. Resultate

Aufgrund dieser Präzisierungen ist es nun möglich, gezielt Paare in geeignete Alltagssituationen zu bringen und zu beobachten, ob auch hier unsere Regeln spontan nicht angewendet werden. Zum zweiten können wir gleichzeitig erste Erfahrungen in der bewussten Anwendung der Regeln sammeln.

3.2.1 Die Wahl geeigneter Situationen

Wie oben schon ausgeführt, lässt sich eine der Hauptschwierigkeiten bei der Auswahl einer geeigneten Situation - nämlich, dass das Wissen der Teilnehmer widerspruchsfrei sein muss - wahrscheinlich dadurch lösen, dass man ihnen eine Aufgabe stellt, zu der ursprünglich beide die vollständige und identische Information gehabt hatten, und die für sie jetzt nur darum ein Problem darstellt, da das Vergessen im Wissen Löcher hinterlassen hat.

Solche Situationen weisen weitere Vorteile auf. Einmal ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass das Wissen der beiden Partner sich ergänzt, da man annehmen kann, dass bei zwei zufällig zusammengestellten Personen die durch Vergessen entstandenen Wissenslöcher zufällig verteilt sind. Und zum zweiten braucht man, um sicherzustellen, dass der einzelne allein das Problem nicht lösen kann, vom Moment an, wo das entsprechende Wissen nicht mehr gebraucht wurde, nur lange genug zu warten.

Da ich beabsichtige, mit Studenten als Teilnehmer zu arbeiten, bietet sich als Wissensinhalt, den man bei dieser Population ursprünglich voraussetzen konnte und der unterdessen teilweise vergessen ist, eigentlich der ganze Mittelschulstoff an. Darunter sind wahrscheinlich mathematische und naturwissenschaftliche Inhalte besonders geeignet. Denn v.a. bei ihnen ist einerseits anzunehmen, dass das ursprüngliche Wissen klar definiert und für alle identisch war und dass es andererseits unterdessen in Vergessenheit geraten ist, da - v.a. bei Psychologiestudenten - das Interesse daran gering ist.

Ich habe deshalb als mögliche Gesprächsprobleme Probleme aus der Mittelschulmathematik gewählt, bei denen eine klare Lösung und somit ein klares Ziel gegeben war und bei denen ich gleichzeitig glaubte, etwa abschätzen zu können, welche "Grundideen" notwendig sind, um zu einer Lösung zu gelangen. Bei all den verwendeten Problemen ist auch das Ziel identisch mit dem direkten Produkt

des Gesprächs, so dass Probleme im Zusammenhang mit der Überprüfbarkeit der Antworten auf ihre Brauchbarkeit nicht eine allzu grosse Rolle spielen sollten. Die verwendeten Probleme waren:

1. Logarithmenrechnen
2. Definition der Ableitung (Differential)
3. Winkel zwischen zwei Vektoren
4. t-Test (für ältere Studenten und Assistenten)

Die zweite Möglichkeit, Widersprüche zu vermeiden, die oben erwähnt wurde, war die, dass man die Gesprächsteilnehmer und das Problem so wählt, dass jeder der beiden Partner für einen anderen Aspekt des Problems Experte ist. Dies kann durch eine echt interdisziplinäre Fragestellung erreicht werden oder auch dadurch, dass man das Problem so wählt, dass die Information von der Natur der Sache her nur jeweils der einen oder anderen Person zugänglich ist. Aus dieser Kategorie Probleme habe ich die beiden folgenden verwendet, wobei auch hier wieder das Ziel das direkte Produkt des Gesprächs war:

5. Interdisziplinär: gewisse Theorien Piagets mit einem Psychologen und einem Mathematiker als Gesprächspartner .
6. Die Gesprächspartner müssen selbst ein geeignetes Problem finden.

Die Aufgabe 6 bedarf vielleicht einer Erläuterung. Die genaue Aufgabenstellung bestand darin, dass die beiden Partner ein Problem suchen mussten, von dem sie wussten, dass keiner von ihnen es allein lösen könnte, dass sie aber zu zweit imstande sind, zu einer Lösung zu gelangen. Diese Aufgabe selbst, also das Suchen eines solchen Problems, kann sicher keiner der beiden Beteiligten allein lösen, da er den Wissensstand des anderen kennen muss. Beide zusammen verfügen aber genau über alle Information, die zur Lösung notwendig ist. Widersprüche können zudem nicht auftreten, da jeder Experte in bezug auf sein eigenes Wissen ist.

3.2.2 Resultate

1. Spontane Anwendung der Regeln
2. Anwendbarkeit und Plausibilität der Regeln
3. Lösungen

Mittels dieser sechs möglichen Gesprächsthemen (d.h. Nummer 5 kam bisher leider nicht zur Anwendung, da sich kein interessierter Mathematiker fand) habe ich nun insgesamt mit zwölf Paaren zwanzig Gespräche realisiert und beobachtet. Ein Gespräch dauerte in der Regel etwa zwei Stunden (d.h. ziemlich genau so lange, wie die für die prototypische Situation geschätzte Obergrenze). Wie sich die Gespräche auf die Paare und die Themen verteilten, kann man der folgenden Zusammenstellung entnehmen:

Verteilung der Anzahl Gespräche

Ein Gespräch:	6 Paare
Zwei Gespräche:	4 Paare
Drei Gespräche:	2 Paare

Verteilung der Themen auf die Gespräche

1. Logarithmen:	0	Gespräche
2. Ableitung:	12	Gespräche
3. Winkel:	2	Gespräche
4. t-Test:	3	Gespräche
6. Thema finden:	3	Gespräche

Als besonders geeignet erwiesen sich die Themen 2 und 4. In beiden Fällen ist die Lösung von vielleicht drei oder vier Grundideen abhängig. (Beim "Ableitungsproblem" könnten das z.B. sein: 1. Ableitung gleich Steigung der Kurve, 2. Steigung der Kurve gleich Steigung der Tangente, 3. Tangente gleich Grenzfall einer Sekante.) Diese Grundideen wurden meistens schön verteilt von beiden Partner ins Gespräch eingebracht, so dass eine relativ symmetrische Situation entstand. Auch bewegten sich diese Gespräche immer in einem Rahmen, in dem eine Lösung möglich schien, wenn es auch dann zu keiner kam. Die Teilnehmer waren sehr stark motiviert und stellten an sich den Anspruch, dass sie das doch eigentlich wissen mussten.

Thema 1 dagegen wurde immer relativ emotional abgelehnt; offenbar stellen Logarithmen eine Art Rotes Tuch für Psychologen dar. Thema 3 erwies sich als eher ungeeignet, da hier offenbar die Gefahr besteht, dass sich die Teilnehmer über rein räumlich zeichnerische Lösungsversuche

vollständig verlieren. Der Suchraum ist offensichtlich zu gross, als dass man ohne Heuristiken zu Rande käme. Und Thema 6 eignete sich nicht besonders, da hier je nach Anspruchsniveau der Teilnehmer eine "Lösung" schon nach wenigen Minuten auftrat.

Alle Paare hatten offensichtlich Spass an der Aufgabe und verbissen sich - bei den mathematischen Themen meist nach anfänglicher Ablehnung - richtig in die Problematik.

3.2.2.1 Spontane Anwendung der Regeln

Wie gesagt, war es ein Ziel zu überprüfen, ob die bisher aufgestellten Regeln spontan angewendet wurden. Zu diesem Zweck liess ich zehn Paare bei ihrem ersten Gespräch ihre Aufgabe bearbeiten, ohne dass ich sie in irgend einer Form mit den Gesprächsregeln vertraut gemacht hatte. Ich war bei allen Gesprächen als Beobachter direkt anwesend, zudem wurden sie auf Band aufgenommen. Schon die direkte Beobachtung zeigte dabei, dass die Regeln spontan kaum angewendet wurden (wobei von Regel zu Regel natürlich Unterschiede bestehen).

Zur genaueren Überprüfung habe ich aus jedem der zehn Gespräche einen zehnminütigen Abschnitt ungefähr eine halbe Stunde nach Beginn des Gesprächs inhaltsanalytisch ausgewertet (zu den Kategorien vgl. Anhang F). Zwei der zehn Protokolle wurden zur Kontrolle auch von einer zweiten Person bearbeitet. Die Übereinstimmung war nicht gerade überwältigend (72% gleich klassifizierte Formulierungen, wogegen allerdings 88% Übereinstimmung bei der Einteilung des Textes in Propositionen). Da die Resultate aber meist recht deutlich sind, sollte die mangelnde Reliabilität bei der folgenden Interpretation kein grosses Problem darstellen. Es bestätigte sich bei dieser Auswertung der erste Eindruck aus der direkten Beobachtung. Für die meisten Regeln lassen sich in den Dialogen nur wenig Stellen finden, wo von einer "Anwendung" dieser Regel gesprochen werden könnte. Insgesamt ergab sich folgendes Bild:

a) Eindeutig nicht angewendete Regeln

- Keines der Gesprächspaare versuchte auch nur andeutungsweise den Gesprächsverlauf, die Ziel-Subzielhierarchie, etc. schriftlich zu notieren. (Regel 5, vgl. 3.1.1)
- Ausser bei einem Paar, bei dem der eine Partner immer wieder auf ein geplantes Vorgehen drängte, zeigte keines irgendwelche Ansätze zur expliziten Planung, Subzielbildung und Einigung auf das nächste zu bearbeitende Subziel. (Regel 6)
- Sieben der zehn Paare gelangten nie in eine Sackgasse, sondern wechselten einfach von Zeit zu Zeit den Fokus, bis sie das Ziel erreichten (2) oder aufgaben. Von den restlichen drei hat keines die Konsequenzen, die sich aus den angetroffenen Sackgassen ergaben, Schritt für Schritt nachvollzogen. (Regel 7)

b) Explizit angewendete Regeln

(Das inhaltsanalytische Kategoriensystem unterscheidet zwischen expliziter und impliziter Anwendung einer Regel (vgl. Anhang F). Eine explizite Anwendung der Regel 2 wäre z.B. die sprachliche explizite Unterscheidung in "definitiv unbekannt" und "nicht definitiv unbekannt".)

- Alle anderen Regeln wurden explizit nur selten angewendet, d.h. in weniger als 10% der Fälle, wo sie anwendbar gewesen wären.

c) Implizit angewendete Regeln

(Beispiel für eine implizite Anwendung: Die Antwort auf eine Frage erfolgt sofort anschliessend, dadurch ist diese Antwort "implizit begründet".)

- Alle Antworten erfolgten direkt im Anschluss an die Frage. Eine explizite Begründung war deshalb immer überflüssig. (Regel 4)
- Fragen waren im allgemeinen implizit gut begründet, d.h. konnten als direkte Folge der vorangegangenen Äusserung verstanden werden (über 80% bei allen Paaren, meist über 95%). Allerdings ist das angewendete Kriterium sehr weit. Das zeigte sich z.B. in einem Gespräch, wo einer der Partner nach einer Reihe von Fragen, die zwischen den beiden hin und her gingen, plötzlich nicht mehr wusste, um was es ging, obwohl all diese Fragen unter "implizit begründet" kategorisiert wurden. (Regel 3)

- Die implizite Unterscheidung zwischen "definitiv unbekannt" und "vorläufig unbekannt" stellt die Kategorie dar, wo die Übereinstimmung der beiden Auswertenden am geringsten war, so dass sich hier keine verlässlichen Angaben machen lassen. Indirekte Evidenz dafür, dass diese Unterscheidung nicht gemacht wurde, ergibt sich daraus, dass fünf Paare aufgaben, ohne je eine "Sackgasse" erreicht zu haben.(Regel 2)

- Eine erstaunliche Konstanz ergab sich über alle Paare bei der Kategorie "Fragen aufgreifen". Es wurden auf ca. 50% aller Fragen/Vermutungen des Partners eingegangen (zwischen 45% und 58%).(Regel 1)

Zusammenfassend zeigt die Inhaltsanalyse also, dass die wenigsten Regeln von den Paaren konsequent angewendet wurden. Wie äusserte sich das im Verhalten der Paare sonst, d.h. zeigten sie zum Beispiel andere erkennbare Strategien?

Dies festzuhalten, erwies sich als schwierig. Ursprünglich hatte ich beabsichtigt, auch hier die Paare nach dem Gespräch nach ihrem Vorgehen zu befragen. Dieses Vorhaben gab ich aber nach zwei Gesprächen auf, da die Teilnehmer offenbar (im Gegensatz zu den Spielern) nicht in der Lage waren, konkrete Aussagen zu machen. Auch ein Versuch, die Gespräche in Form von Ziel-Subziel-Bäumen zu kodieren, erwies sich als undurchführbar. Es ergab sich bei allen drei Gesprächen, bei denen ich das versucht hatte, schon nach wenigen Minuten Gesprächsablauf eine komplexe, verschlungene Struktur, die unübersichtlich wurde. Auch waren bei diesem Versuch in den Gesprächen viele "Sprünge" festzustellen, wo der Suchbaum vom Beobachter aus nicht fortgesetzt werden konnte, sondern ein neuer begonnen werden musste. (Ein weiterer Hinweis darauf, dass 95% "begründete" Fragen nicht sehr realistisch sein kann.)

Als Resultate bleiben also nur Beobachtungen, die sich direkt in der Situation oder beim Anhören der Bänder aufdrängten. Der auffälligste Eindruck war dabei, dass die Verhaltensweisen, die die einzelnen Paare hier zeigten, sich von Paar zu Paar viel mehr unterschieden, als das bei den Spielern oder bei den GAESTEN der Fall gewesen war. Das Spektrum reichte von Paaren, die kaum miteinander sprachen, bis zu solchen, die in heftige Diskussionen verwickelt waren.

Aufgefallen sind mir dabei v.a. zwei Phänomene, die wir bisher noch nicht beobachtet hatten und die sich schön anhand je eines Paares illustrieren lassen. Bei einem Paar traten gehäuft eine Art "Scheinantworten" auf (die sich auch bei anderen Paaren vereinzelt beobachten liessen). Ein Ausschnitt aus ihrem Dialog kann am besten verdeutlichen, was damit gemeint ist. (Das Thema war "Ableitung"; das Gespräch ist hier aus der Mundart ins "Schriftdeutsche" übertragen.)

HANS : ..das hat doch etwas mit dx und dy zu tun. Oder?
RUEDI : Mmh. Wir müssten wissen, wie die Kurve genau aussieht. Geht sie nicht durch den Nullpunkt?
HANS : Mmh. Man musste doch irgendeinen Grenzübergang machen.
RUEDI : Mmh. Ich glaub, das ist eine Parabel. Oder nicht?
HANS : Mmh.
etc.

Hier verfolgt offensichtlich jeder seinen eigenen Gedankengang. Beide erhalten aber den Kontakt dadurch aufrecht, dass sie prompt jede Frage "beantworten". Ein Dialog, der nur noch knapp den Schein eines solchen wahren kann. Und ein Beispiel dafür, dass Regel 1 ("Fragen aufgreifen") keineswegs trivial ist.

Das zweite beobachtete Phänomen habe ich nur bei dem Paar beobachtet, bei dem (wie oben erwähnt) der eine Partner immer wieder auf ein geplantes Vorgehen drängte. Derselbe Partner forderte von seinem Gegenüber auch immer wieder Zeit zum Nachdenken, und zwar zum Nachdenken über inhaltliche Aspekte des Problems. Dies liess sich wohl darum bisher nicht beobachten, weil es bei den Spielen nicht viel zum Nachdenken gibt. Das ganze Wissen liegt direkt vor den Spielern ausgebreitet auf dem Spielfeld und muss nicht, wie bei den hier verwendeten Aufgaben, aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden. Verschiedene Hinweise aus den gemachten Beobachtungen lassen sich zur Vermutung kombinieren, dass es bei den Alltagsproblemen nicht mehr so einfach möglich ist, Planung und inhaltliche Aspekte des Problems gleichzeitig zu behandeln. Es sind dies: Die so gut wie nicht vorhandene explizite Planung; die Unfähigkeit der Teilnehmer, am Schluss ihr Vorgehen zu reflektieren; und nun eben die Beobachtung, dass der einzige Teilnehmer, der explizit geplant hat, Zeit zum Nachdenken forderte. Von daher ist anzunehmen, dass Regel 5 (explizite Notation) schon rein als Entlastung des Gedächtnisses wirksam sein konnte.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die bisher aufgestellten Regeln auch in Alltagssituationen spontan kaum angewendet werden und somit in diesem Sinn nicht trivial sind.

3.2.2 Anwendbarkeit und Plausibilität der Regeln

Als zweiter Schritt wurden sechs Paare (vier der bisherigen und zwei neue) mit den Regeln vertraut gemacht. Das "Training" beschränkte sich dabei auf das absolute Minimum, d.h. die Teilnehmer erhielten einfach die "Gebrauchsanweisung" zu lesen (Anhang E) und wurden dann gebeten, in dem folgenden Gespräch die darin beschriebenen Regeln anzuwenden.

Bei diesen Gesprächen ging es in erster Linie einmal darum, erste Erfahrungen mit der "Gebrauchsanweisung" und dem "Training" zu sammeln. Im Detail versuchte ich abzuklären, ob die "Gebrauchsanweisung" verständlich ist, ob die Regeln gut anwendbar sind und nicht zuletzt, ob die Regeln in der Art, wie sie in der "Gebrauchsanweisung" beschrieben sind, von den Teilnehmern überhaupt als plausibel akzeptiert werden. Ich war wieder bei allen Gesprächen direkt als Beobachter anwesend, zudem wurden sie auf Band aufgenommen. Aus den Beobachtungen und der Befragung der Teilnehmer zu den drei oben erwähnten Punkten ergibt sich folgendes Bild.

Alle Teilnehmer (ausschliesslich Psychologiestudenten und -assistenten) hatten keine Mühe, die Gebrauchsanweisung beim ersten Durchlesen zu verstehen. Sie gaben auch alle an, dass es relativ einfach ist, sich die Regeln zu merken. Allerdings betonte etwa die Hälfte der Paare, dass sie nach dem Durchlesen der Gebrauchsanweisung allein noch nicht in der Lage seien, sich genau vorzustellen, wie die Anwendung der Regeln im Gespräch im Detail vor sich geht.

In den Gesprächen zeigte sich dann aber sehr schnell, dass die konsequente Anwendung der Regeln nicht ganz einfach ist. Bei allen Paaren konnte man vor allem zu Beginn zahlreiche Regelverstöße beobachten, und die Teilnehmer bestätigten auch, dass es ihnen nicht leicht gefallen war, den Gesprächsfluss zu bremsen, um Phasen bewusster Planung einzuschieben. Zum zweiten war sehr auffällig, dass bei allen Paaren der Suchbaum nur etwa für die ersten beiden Ebenen von Subzielen wirklich schriftlich fixiert wurde. Erreichte das Gespräch grössere "Tiefen", dann bekundeten alle Paare grosse Mühe, sich dazu zu zwingen, explizit zu planen - auch wenn ich sie dazu aufforderte. Offenbar, so jedenfalls mein Eindruck als Beobachter, war die Versuchung sehr gross, nach der groben Planung, die die beiden ersten Ebenen erbrachten, einmal "ganz rasch" diese oder jene Idee informell weiterzuverfolgen. V.a. zwei Paaren fiel dies selbst sehr deutlich auf, und sie erklärten sich bereit, in einem zweiten (d.h. insgesamt dritten) Gespräch nochmals zu versuchen, ob eine Planung nicht doch auch in den tieferen Regionen des Suchbaums möglich ist. Beide zeigten bei diesem zweiten Versuch deutliche Fortschritte, d.h. die Planung gelang über etwa vier Ebenen. Die Anwendung der Regeln war aber auch dann noch nicht vollständig konsequent. Ebenso bei den anderen beiden Paaren, die auch zwei "geregelte" Gespräche führten.

Auffallend war auch, dass alle Paare irgendwann einmal während der Gespräche Mühe bekundeten, zu einem Punkt, an dem sie gerade arbeiteten, Subziele aufzustellen.

Trotz dieser Schwierigkeiten zeigten sich allerdings fast alle Teilnehmer von der Plausibilität der Regeln überzeugt und glaubten, dass eine konsequente Anwendung sehr nützlich sein könnte. Mehr oder weniger global abgelehnt wurden sie nur von einem Teilnehmer (wobei es mir leider nicht gelang, herauszufinden, was ihn dazu veranlasste). Zudem zeigte sich eines der Paare, das drei Gespräche absolvierte, unsicher darüber, ob die Regeln "tiefer unten" im Suchbaum tatsächlich konsequent angewendet werden können oder ob dort nicht das Wissen im allgemeinen zu unstrukturiert ist, als dass eine systematische Planung noch möglich wäre.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Regeln im allgemeinen gut aufgenommen wurden und dass die "Gebrauchsanweisung", so wie sie vorliegt, verständlich erscheint, so dass sie weiterverwendet werden kann. Auf der anderen Seite hat sich aber auch deutlich gezeigt, dass die Regeln explizit trainiert werden müssen, bis sie konsequent angewendet werden können. Auch ein implizites Training durch versuchsweises Anwenden scheint nicht zu genügen. Am wirkungsvollsten wird es wahrscheinlich sein, die beiden Punkte, die deutlich Schwierigkeiten aufwarfen, nämlich die konsequente Anwendung der Regeln (v.a. wenn der Suchbaum in die Tiefe geht) und die Subzielbildung, separat zu trainieren. Es scheint mir sinnvoll, mit dem ersten zu beginnen und die Regeln in einer klar strukturierten Situation, in denen sich Subziele automatisch ergeben (z.B. die Spiele), anhand von Problemen, die erst nach einiger Tiefe zur Lösung - und zum Erfolgserlebnis - führen, zu üben. Als zweites kann dann eine schlecht strukturierte Situation herbeigezogen werden, in der die Subzielbildung erprobt werden kann,

3.2.2.3 Lösungen

Selbstverständlich ist es nun als drittes noch von Interesse, die "geregelten" und die "ungeregelten" Gespräche zu vergleichen, um zu sehen, ob die Regeln wirksam waren. Ein solcher Vergleich ist hier allerdings nur beschränkt möglich. Einmal waren die "ungeregelten" Gespräche in allen Fällen das erste Gespräch eines Paares, wogegen die "geregelten" Gespräche in vier von sechs Fällen bereits das zweite Gespräch dieses Paares darstellten. Zum zweiten waren die Aufgaben nicht über beide Gesprächstypen gleich verteilt. Und zum dritten war die Anwendung der Regeln, wie beschrieben, nicht sehr konsequent.

Ein weiteres Problem bildet das Vorwissen der Paare, denn die Lösung eines Problems kann ja sowohl am fehlenden Vorwissen wie an der schlechten Strukturierung des Gesprächs scheitern. Ich hatte zwar versucht, für alle Mathematikaufgaben eine Liste der Ideen aufzustellen, von denen ich annahm, dass sie zur Lösung der entsprechenden Aufgabe zentral sind. Und diese Liste verwendete ich dann während den Gesprächen als eine Art Checkliste, auf der sich die einzelnen Ideen abhaken lassen, wenn sie auftraten. So hatte ich wenigstens ein grobes Mass dafür in der Hand, ob wesentliche Punkte, die zur Lösung notwendig sind, im Gespräch überhaupt auftraten. Aber natürlich sind nicht für alle Paare die gleichen Punkte wesentlich und höchstwahrscheinlich unterschieden sie sich z.T. stark von den von mir angenommenen Punkten.

Trotz dieser Probleme werde ich eine kleine Gegenüberstellung versuchen, um einen ersten Eindruck zu erhalten. In der folgenden Darstellung fehlen alle Gespräche zum Thema 6 ("Problem"), da hier die Aufgabe die möglichen "Lösungen" so wenig einschränkt, dass alle drei Paare problemlos zu einer solchen gelangten.

Bei den acht verbleibenden "ungeregelten" Gesprächen kam es in keinem zu einer Lösung. In drei davon lag es offenbar am fehlenden Wissen, bzw. daran, dass sich die rettende Idee nicht einstellen wollte. Bei den restlichen fünf (alle entweder Thema 2 oder 4) dagegen wurden alle auf meiner Checkliste vorhandenen Punkte im Gespräch zumindest gestreift. (Z.T. schien es mir als Beobachter so offensichtlich, dass das notwendige Wissen vorhanden war, dass es schwer war, nicht zu intervenieren und die Gesprächsteilnehmer auf die entscheidenden Punkte aufmerksam zu machen.)

Natürlich ist es mit den vorhandenen Daten nicht möglich, zu entscheiden, was bei diesen fünf Paaren für ihr Scheitern verantwortlich war. Ein Versuch, die "Geschichte" der von mir vermuteten entscheidenden Ideen anhand der Bandaufnahmen zu verfolgen, zeigte aber, dass die Gesprächsführung bei allen fünf Gesprächen die Ursache sein könnte. Denn bei jedem Gespräch liess sich mindestens eine "zentrale Idee" finden, die ganz offensichtlich im Verlauf des Gesprächs nicht weiter verwendet wurde. Entweder trat sie als Frage bzw. Vermutung des einen Partners auf, und dann wurde der sich daraus ergebende neue Ast des Suchbaums nicht weiterverfolgt, weil der andere Partner nicht darauf reagierte; oder dann wurde sie sogar als klare Aussage von einem Partner geäußert, die dann einfach wieder unterging, weil der andere Partner gerade mit etwas anderem beschäftigt war und sie darum nicht zur Kenntnis nahm. Der generelle Eindruck beim Abhören der Gespräche war überhaupt der, dass sehr viele Gedanken, die während dieser Gespräche geäußert wurden, einfach unbenutzt blieben.

Bei den neun "geregelten" Gesprächen kamen vier Paare zu einer Lösung. Von den restlichen fünf kamen drei auf alle Punkte meiner "Checkliste" zu sprechen. Bei einem dieser Paare liess sich ebenfalls wie oben eine "zentrale Idee" finden, die angesprochen, aber nicht weiterverfolgt wurde. Bei den beiden anderen war es mir nicht möglich, etwas ähnliches auszumachen. Die Erfolgsquoten können nun, wie schon erwähnt, nicht einfach verglichen werden. Am ehesten ist das noch möglich, wenn wir uns auf das "Ableitungsproblem" beschränken. Hier sind die Erfolgsquoten 0% ("ungeregelt") und 50% ("geregelt"). Auch bei sehr vorsichtiger Interpretation scheint mir das doch wenigstens den Schluss zu erlauben, dass der Versuch, die Regeln anzuwenden, diesen Paaren, wenn nicht genützt, so doch auch nicht geschadet hat»

Zusammengefasst ergeben sich folgende Resultate »aus den Beobachtungen:

1. Es darf als gesichert gelten, dass unsere Gesprächsregeln spontan z.T. gar nicht, z.T. nicht konsequent angewendet werden. Sie sind also in diesem Sinn nicht trivial.
2. Es scheint mir recht wahrscheinlich, dass es Problemsituationen gibt, auf die unser Modell anwendbar ist und in denen Gesprächspartner spontan (d.h. ohne unsere Regeln) nicht zu einer Lösung gelangen, obwohl das notwendige Wissen vorhanden wäre (v.a. die beiden Aufgaben "Ableitung" und "t-Test").

3. Zudem beginnt sich einige Evidenz dafür anzusammeln, dass die konsequente Anwendung der Regeln die Wahrscheinlichkeit, bei gegebenem Vorwissen zu einer Lösung zu gelangen, tatsächlich erhöht.

3.3 Ein direkter Vergleich zwischen "mit Regeln" und "ohne Regeln"

1. Wahl einer geeigneten Testsituation
2. Wahl eines geeigneten Trainings
3. Numerische Resultate
4. Beobachtungen und Interpretationen

Nachdem wir nun ziemlich sicher sein können, dass die Regeln nicht trivial sind, also nicht spontan schon angewendet werden, und dass unser Modell relevant ist, es also Situationen gibt, auf die es von der Struktur her anwendbar ist und in denen Gesprächspartner Probleme haben, bleibt uns v.a. die Frage, ob die Regeln auch wirksam sind. Am besten lässt sich das überprüfen, wenn wir direkt "geregelt" und "ungeregelte" Gespräche vergleichen, bei denen sich sonst die Situationen nicht unterscheiden.

3.3.1. Wahl einer geeigneten Testsituation

Verwenden wir als Teilnehmer an den Gesprächen wieder Psychologiestudenten, dann können wir die Erfahrungen mit den bisherigen Gesprächen herbeiziehen, um eine geeignete Situation auszuwählen. Die bisher beobachteten Gespräche haben gezeigt, dass sich für diese Population Mittelschulstoffe tatsächlich gut als Probleme eignen. Am meisten haben wir darunter bisher das "Ableitungs"-Problem verwendet, das sich auch in zwei entscheidenden Punkten als brauchbar erwies. Einmal kann man bei Psychologiestudenten tatsächlich voraussetzen, dass sie das Problem in der Mittelschule behandelt haben. Und zum zweiten zeigen die Erfahrungen, dass sie dieses Problem weder allein, noch zu zweit im "ungeregelten" Gespräch lösen können.

Es scheint mir deshalb sinnvoll, diese Aufgabe unverändert als Testsituation zu verwenden. Der exakte Wortlaut der Aufgabe war jeweils:

"Zeigt, dass die Ableitung der Funktion $y = x^2$ tatsächlich $2 \cdot x$ ist".

Entsprechend den Zielsetzungen unseres Modells gilt es zwei Punkte zu überprüfen. Einmal müssen wir feststellen, ob die Paare in "geregelten" Gesprächen häufiger zu einer Lösung gelangen als die Paare in "ungeregelten" Gesprächen. Die Aufgabe soll als gelöst gelten, wenn das Paar für mindestens einen Punkt der Parabel den gewünschten Zusammenhang zeigen kann.

Zum zweiten möchten wir mit den Regeln aber auch noch erreichen, dass Paare, denen Teile des notwendigen Wissens fehlen, genauer wissen, was ihnen fehlt, und damit Informationsfragen besser einsetzen können, wenn sie die Regeln anwenden. Da es durchaus sein kann, dass der Effekt, den die Regeln direkt auf die Lösungshäufigkeit haben, hier relativ gering ist. Da bei Psychologiestudenten das Vorwissen nicht besonders gross angesetzt werden kann, ist es notwendig, ihnen diese Möglichkeit zu Informationsfragen zu geben.

Allerdings kommt man wohl auch bei einem sehr unstrukturierten Vorgehen irgendwann einmal ans Ziel, wenn man eine beliebige Anzahl Fragen zur Verfügung hat. Es ist also notwendig, die Anzahl der Fragen zu limitieren. Eine solche Limite kann aber immer nur sehr willkürlich sein. Ich mochte deshalb nicht die Anzahl Fragen, sondern die Anzahl Zeitpunkte, zu denen im Problemlöseprozess gefragt werden darf, begrenzen, und zwar auf einen einzigen. D.h. die Paare dürfen zwar so viele Fragen stellen, wie sie wollen, müssen sie aber alle auf einmal stellen und erhalten erst eine Antwort nach der letzten Frage.

3.3.2 Wahl eines geeigneten Trainings

Wie sich gezeigt hat, ist die Anwendung der Regeln nicht ohne einige Übung möglich. Es ist deshalb notwendig, sie zuerst an ein oder zwei Problemen einzuüben.

Wie oben schon dargestellt, scheint es sinnvoll zu sein, je die konsequente Anwendung der Regeln und das Bilden von Subzielen separat zu üben. Zum Einüben der konsequenten Regelanwendung können wir gut eines der bisher verwendeten Zahlenspiele verwenden. Bei den Spielen stellt die Subzielbildung kein Problem dar, und es zeigt sich hier die Struktur der Regeln und ihre Nützlichkeit auch am besten, da sie ja im Rahmen dieser Spiele entwickelt wurden und optimal darauf abgestimmt sind.

Als zweites brauchen wir eine im Verhältnis zu den Spielen wenig strukturierte Situation, in der sich das Subzielbilden einüben lässt. Damit der Transfer, der von diesen Übungen auf das eigentliche Testproblem stattfindet, tatsächlich auf die Regeln und nicht auf die Erfahrungen zurückzuführen ist, die die Gesprächspartner in der Übungssituation mit einem bestimmten Problemtyp machen, sollte die zweite Übungssituation eine Aufgabe sein, die sich möglichst vom Testproblem unterscheidet. Von daher fallen Probleme, die Mittelschulstoff zum Inhalt haben, weg. Von den bisher verwendeten Problemen bleibt somit nur "Thema finden".

Dieses hat den Vorteil, dass es sich tatsächlich in verschiedenen Punkten (Bestimmtheit des Ziels, Strukturiertheit des Suchraums, etc.) stark vom Testproblem unterscheidet. Auch bietet der schlecht strukturierte Suchraum gut Gelegenheit, all das zu üben, was sich bei den gut strukturierten Spielen von selbst ergibt. Der oben erwähnte Nachteil, dass nämlich manche Paare sehr schnell zu einer Lösung kommen, kann so behoben werden, dass man solche Paare als drittes auch noch ihr selbstgefundenes Problem behandeln lässt, an dem sie nochmals die Subzielbildung üben können.

Konkret war das Training nun wie folgt aufgebaut. Als erstes erhielten die beiden Gesprächspartner wieder die Gebrauchsanweisung vorgelegt (vgl. Anhang E) und lasen diese ein Mal durch. Dann ging ich den ganzen Text nochmals durch und paraphrasierte ihn, bis die beiden zu verstehen gaben, dass sie die Regeln verstanden und ihre Bedeutung erkannt hatten. (Die Regeln lösten auch hier wieder im allgemeinen lebhafteste Zustimmung aus.)

Dann erhielten beide ihren Spielplan (Spiel 1, Anhang H), und ich erklärte ihnen kurz das Spiel. Anschliessend forderte ich sie mit folgender Einleitung auf, das Spiel zu beginnen:

"Das Spiel soll natürlich v.a. dazu dienen, die Regeln einzuüben. Ich werde deshalb v.a. am Anfang häufig eingreifen und Euch darauf aufmerksam machen, dass ihr jetzt dieses oder jenes beachten solltet. (Pause) Das Hauptziel ist bei diesem Problem natürlich klar; wie gesagt, müsst ihr E4 herauszufinden versuchen. Als erstes geht es nun darum, dass jeder einmal die möglichen Subziele aufzählt und dass ihr gleich beginnt, ein Bäumchen zu zeichnen. A, was musstest Du wissen, damit du E4 ausrechnen könntest?"

A:

"Ist das die einzige Möglichkeit?"

A:

"Und wie sieht das bei Dir aus, B?"

B:

"Gut, als nächster Schritt müsst ihr Euch nun darauf einigen, in welche Richtung ihr beginnen wollt."

Von diesem Punkt an liefen die Gespräche dann meist sofort sehr strukturiert ab. Gelegentliche Eingriffe waren später notwendig, wenn eine Sackgasse allzu rasch erledigt wurde.

Hatte das Paar die Aufgabe gelöst, ohne dass es notwendig war alle Äste des Problembaums abzusuchen, forderte ich sie auf, zu Übungszwecken noch zu prüfen, ob andere Wege auch zur Lösung geführt hätten. Anschliessend hielt ich die Paare dazu an, sich darüber zu unterhalten, was die Regeln ihnen gebracht hatten und wie sie sie sinnvoll einsetzen wollten (zur Reflexion bei Übungstrainings vgl. Dörner, 1976, S.140).

Dann erklärte ich ihnen die zweite Aufgabe wieder mündlich und liess sie dann ohne anfängliche Strukturierungshilfe beginnen. Während des Gesprächs intervenierte ich möglichst immer, wenn es zu Regelverletzungen kam, indem ich sie aufforderte, die entsprechende Regel hier anzuwenden. Das war v.a. dann notwendig, wenn die Gesprächspartner sich von ihren Einfällen davontragen lassen und vergassen, ihre Notation nachzuführen.

Kamen sie wesentlich vor dem Ablauf von zwei Stunden zu einer Lösung, dann forderte ich sie auf, nun noch als drittes auch dieses selbstgestellte Problem zu lösen. Auch hier schloss sich eine Reflexionsphase an.

3.3.3 Numerische Resultate

Die Untersuchung wurde als einfaches Experiment mit einer Kontrollgruppe (Paare, die nichts von den Regeln hörten) und einer Experimentalgruppe (Paare, die das oben beschriebene Training erhielten) mit fünf Paaren pro Gruppe durchgeführt. Genauere Angaben zum Versuchsplan und zur Durchführung finden sich im Anhang G. Hier nur kurz zusammengefasst ein paar Bemerkungen.

Einen Einfluss auf die Lösungshäufigkeit hat unter anderem natürlich auch das Vorwissen der Gesprächsteilnehmer. Alle Teilnehmer wurden deshalb zuerst einmal danach befragt, ob sie sich gut erinnern könnten. Ableitungsaufgaben in der Schule behandelt zu haben. Bei zwei Paaren (je eines

aus der Kontroll- bzw. der Experimentalgruppe) war sich einer der Teilnehmer nicht ganz sicher. Im Sinne einer konservativen Versuchsdurchführung wurde das eine Paar der Kontrollgruppe ausgeschlossen, das andere jedoch in der Experimentalgruppe belassen. Zudem wurden als Masse für das Vorwissen die Zeit, die vergangen war, seit sich die Teilnehmer das letzte Mal mit einer Ableitungsaufgabe beschäftigt hatten, und die damalige Schulnote erhoben. Es waren keine Unterschiede festzustellen - weder zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe, noch zwischen erfolgreichen und erfolglosen Paaren. Es gibt also gute Gründe anzunehmen, dass das Vorwissen der Experimentalgruppe nicht grösser war als das der Kontrollgruppe.

Eine zweite Quelle störender Einflüsse stellen Versuchsleitereffekte dar. Ich war wieder bei allen Gesprächen direkt als Beobachter anwesend, zudem beantwortete ich selbst die von den Teilnehmern gestellten Fragen. Dass unter solchen Umständen Versuchsleitereffekte nicht ausgeschlossen werden können, versteht sich von selbst. Aufgrund der qualitativen Unterschiede der Gespräche der beiden Gruppen scheint mir aber die Gefahr, dass ein solcher Effekt in die quantitativen Resultate durchschlagen konnte, relativ gering (s.u.).

Bei den zehn "getesteten" Paaren ergab sich die folgende Verteilung der Erfolge über die beiden Gruppen.

Tabelle 2: Häufigkeiten der Erfolge beim "Ableitungsproblem"

	mit Regeln	ohne Regeln
Erfolge	2	0
Misserfolge	3	5

Die Experimentalgruppe war deutlich erfolgreicher als die Kontrollgruppe (40% zu 0%). Ein Zufallsergebnis scheint unwahrscheinlich, denn aufgrund dieser Daten und der bisherigen Erfahrungen beträgt die Wahrscheinlichkeit 95%, dass die Erfolgsquote unter der Experimentalbedingung mindestens 5% höher ist als unter der Kontrollbedingung. (Details zur statistischen Absicherung der Daten vgl. Anhang G.)

3.3.4 Beobachtungen und Interpretationen

1. Auffällige Differenzen zwischen den beiden Gruppen
2. Haupteffekte der Regeln
3. Evaluation des Trainings

Wesentlich interessanter als der Vergleich der reinen Erfolgsquoten ist ein Versuch, Unterschiede im Verhalten der Paare in den beiden Gruppen (und gegenüber früheren Beobachtungen) zu beschreiben. Dabei stehen v.a. drei Fragen im Vordergrund. Zum ersten geht es darum zu überprüfen, ob sich parallel zu den quantitativen Befunden auch qualitative finden lassen, die detaillierter belegen, dass und welche Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen. Zum zweiten ist unser Regelkatalog natürlich noch keineswegs perfekt und Beobachtungen aus der Experimentalgruppe, aber auch der Vergleich zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe, können uns Hinweise darauf liefern, wo seine Stärken und Schwächen liegen. Und zum dritten gilt es abzuschätzen, wieweit das hier angewendete Training eine Verbesserung gegenüber der "Minimalvariante" erbracht hat und wo es selbst wieder Schwächen aufweist.

3.3.4.1 Auffällige Differenzen zwischen den beiden Gruppen

Aus den bisherigen Erfahrungen und Überlegungen lassen sich, neben der unterschiedlichen Erfolgsquote, auch andere Unterschiede zwischen den Gruppen erwarten.

Die eindeutigsten Erwartungen ergeben sich bezüglich der Struktur der Gespräche. Sind unsere bisherigen Überlegungen und Beobachtungen zutreffend, dann sollte ein Hauptunterschied darin bestehen, dass die Paare der Experimentalgruppe merklich mehr in die "Tiefe" gehen (gemessen in Subzielebenen) als die Paare der Kontrollgruppe. In der Experimentalgruppe lässt sich die Tiefe des Suchprozesses leicht anhand der von den Paaren selbst während des Gesprächs erstellten Suchbäumen auszählen. Bei der Kontrollgruppe stösst das nachträgliche Erstellen solcher Suchbäume durch einen Beobachter auf erhebliche Schwierigkeiten, wie wir schon gesehen haben, und damit auch die Bestimmung einer Suchtiefe. Mittels einiger Zusatzannahmen können wir hier aber noch andere Indikatoren herbeiziehen. Die Aufgabenstellung verlangte von den Teilnehmern,

möglichst präzise Fragen an den Versuchsleiter zu stellen, wenn sie von dieser Möglichkeit Gebrauch machen wollten. Nehmen wir nun an, dass die Gespräche wieder die Form eines "Konkretisierungsprozesses" haben, dann finden sich folglich die Subziele, die die präzisesten Fragen ergeben, an den äussersten Enden des Suchbaums, also in maximaler Tiefe. Wenn diese Tiefe bei der Experimentalgruppe grösser ist als bei der Kontrollgruppe, dann sollten bei der Experimentalgruppe die Fragen auch "konkreter" oder "detaillierter" sein. Und da die Expansion eines langen Astes im Suchbaum mehr Zeit beansprucht, ist auch zu erwarten, dass bei den Paaren der Experimentalgruppe mehr Zeit vergeht, bis sie Fragen stellen, als in der Kontrollgruppe (es sei denn, die Kontrollgruppe sucht dafür mehr in die Breite oder verweilt längere Zeit bei der gleichen Frage, ohne sie wesentlich voranzutreiben).

Diese Erwartungen sind im wesentlichen erfüllt worden. Da alle Paare Fragen gestellt haben, stehen uns die Beobachtungen an allen zehn Paaren zur Verfügung. Am eindeutigsten ist dabei ein Unterschied in den Zeiten festzustellen, die verstrichen, bis das Paar dazu überging, Fragen zu stellen. In der Kontrollgruppe geschah das schon nach ca. 25 bis 40 Minuten (Median 32), in der Experimentalgruppe dagegen erst nach 50 bis 80 Minuten (Median 58).

Bei der Experimentalgruppe war anhand der von den Paaren selbst im Gespräch erstellten Suchbäume gut zu beobachten, wie sich der Suchprozess über vier bis acht Stufen entwickelte. Zu Fragen kam es dabei in allen Gruppen erst, wenn der Suchprozess über mindestens drei "Hauptäste" (Verzweigung direkt unter dem Hauptziel) in eine Sackgasse geraten war, was eben erst nach einiger Zeit der Fall war. Bei der Kontrollgruppe erwies es sich wieder als schwierig, zu Aussagen über die Tiefe des Prozesses zu gelangen. Der generelle Eindruck auf mich als Beobachter war zwar wieder, dass bei allen Paaren (mit einer Ausnahme) kaum eine Frage/Vermutung auch nur über wenige Stationen in die Tiefe verfolgt wurde. Ein Versuch, explizit die Gespräche in Form eines Suchbaums zu kodieren, erwies sich aber wieder als undurchführbar. Am besten gelang noch ein Versuch, die von den Paaren gestellten Fragen ganz grob danach zu kategorisieren, ob sie "nahe" am Hauptziel waren, also sich direkt auf einen "slot" des Hauptziels bezogen (Definition der Ableitung und/oder Form der Kurve), oder nicht. In der Kontrollgruppe traten häufiger "nahe" Fragen auf (Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl Paare, die "nahe" Fragen stellten

	Ableitung	Kurve	keine "nahen" Fragen
Kontrollgruppe	5	2	0
Experimentalgruppe	2	0	3

Nimmt man den Gesamteindruck, die Zeit bis zu den Fragen und die Art der Fragen zusammen, dann ergibt sich doch der Eindruck, dass sich die Paare der Experimentalgruppe zumindest bis zu den Fragen "tiefer" mit dem Problem auseinandergesetzt hatten.

Gut erkennen liess sich auch, dass die umfangreichen Suchbäume der Experimentalgruppe auch halfen, Fragen, wenn nicht gar selbst zu lösen, so doch zu präzisieren. Sie konnten auch besser abschätzen, was die Beantwortung einer Frage ihnen bringen würde. In der Kontrollgruppe waren die Paare nach der Beantwortung der Fragen meist sofort wieder vor neue Schwierigkeiten gestellt, die sie nicht vorausgesehen hatten, wogegen die Paare der Experimentalgruppe hier meist durch weitere Fragen vorgesorgt hatten, so dass sie dann einige weitere Schritte machen konnten.

Interessant ist auch, dass die Suchbäume den Paaren der Experimentalgruppe auch halfen, die in den Antworten auf die Fragen enthaltenen Informationen zu organisieren und zu verarbeiten. Das Paar aus der Kontrollgruppe, das oben als Ausnahme erwähnt wurde, illustriert besonders deutlich, wie den Paaren dieser Gruppe eine solche Strukturierungshilfe fehlte. Bei diesem Paar kapitulierte der eine Partner praktisch sofort vor der Aufgabe, d.h. er kam zum Schluss, dass er inhaltlich nichts zur Lösung beitragen konnte. In der Folge übernahm er die Strukturierung des Gesprächs und führte diese auch sehr erfolgreich durch, mit dem Resultat, dass das Paar mich mit dem umfassendsten Fragenkatalog aller Paare beider Gruppen konfrontierte. Eigentlich hätten die Antworten auf diese Fragen mehrfach ausreichen sollen, um das Problem zu lösen. Aber die beiden waren nicht imstande, die grosse Menge von Informationen zu integrieren. Offensichtlich deshalb, weil sie mangels einer Notation des Gesprächs nicht mehr wussten, welche Frage in welchen Zusammenhang gehörte. Sie gaben dann bald auf.

Neben diesen erwarteten Effekten lassen sich aber auch noch zwei äusserst auffällige Unterschiede beobachten. Einmal zeigten sich die Paare in den beiden Gruppen ganz unterschiedlich motiviert, d.h. in der Experimentalgruppe schien die Motivation viel länger anzuhalten als in der Kontrollgruppe. Die meisten Paare der Kontrollgruppe (vier von fünf) hatten nach etwa 30 Minuten alles versucht, was ihnen einfallen wollte, und befanden sich somit in einer recht auswegslosen Lage, aus der sie mit Hilfe der Fragen wieder herauszukommen versuchten. Diese Fragen schienen aber oft weniger das Mittel gezielter Informationssuche zu sein, als vielmehr ein Versuch, irgend etwas zu unternehmen. Bei der Experimentalgruppe dauerte die Phase, bis die Fragen gestellt wurden, einiges länger (wie erwähnt 50 bis 80 Minuten), und die Motivation schien (zumindest bei vier der fünf Paare) auch über die Beantwortung der Fragen hinaus nicht abzufallen.

Und zum zweiten liess sich beobachten, dass in der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine erstaunliche Menge von Details zum Thema "Ableiten" erinnert wurde. Diese Details betrafen graphische Darstellungen oder Fetzen von Formeln, dann aber auch Gewohnheiten des ehemaligen Mathematiklehrers. Der gezielte Suchprozess erlaubte es offenbar den Partnern, sich auf einzelne Punkte des Themas so zu konzentrieren, dass sie - zur eigenen Überraschung - sehr viel ihres Schulwissens rekonstruieren konnten. Allerdings wurde das zumindest einem Paar (bei dem sich die beiden nicht daran erinnern konnten, je eine Herleitung gesehen zu haben) zum Verhängnis, da es sich etwas in diesen Details verlor. Ob sich in der Kontrollgruppe die Teilnehmer an weniger Details erinnerten oder ob sie sie nur nicht in das Gespräch einbrachten, ist nicht klar. Auf jeden Fall lässt sich aber sagen, dass in der Experimentalgruppe viel mehr Material im Gespräch explizit fruchtbar gemacht wurde.

Zusammenfassend können wir also festhalten, dass bei den Paaren der Kontrollgruppe der Eindruck bestand, dass sie ihre Motivation weniger lang aufrecht erhalten konnten, dass sich an weniger Details des Schulstoffs erinnerten, dass ihre Informationsfragen "frühreif" waren und dass sie die erfragten Informationen schlecht integrieren konnten.

Angesichts dieser qualitativen Unterschiede scheint mir die Gefahr, dass es sich beim quantitativen Resultat um einen reinen Versuchsleitereffekt handelt, relativ gering. Eine unterschiedliche Beantwortung der Fragen durfte kaum eine Rolle gespielt haben, da einmal die Fragen der Kontrollgruppe meist offensichtlich unzureichend waren und da zum zweiten auch sehr ausführliche Informationen schlecht integriert wurden. Allenfalls ein Effekt bei der Motivation wäre denkbar, der auch schon durch die Instruktion bedingt sein konnte. Wie gesagt, halte ich den Effekt eines reinen Motivationsunterschieds allerdings nicht für besonders gross. Zudem hatte die unterschiedliche Instruktion für die beiden Gruppen in der Problemphase (die Experimentalgruppe wurde nicht explizit darauf hingewiesen, dass ich v.a. daran interessiert war, ob sie zu einer Lösung gelangen würde) zur Folge, dass ein Paar aus der Experimentalgruppe glaubte, es sei unwichtig, ob es zu einer Lösung gelange oder nicht.

3.3.4.2 Haupteffekte der Regeln

Fassen wir zusammen, was sich über die Wirksamkeit der Regeln aus diesen Daten ableiten lässt. Im wesentlichen lassen sich zwei Effekte vermuten•

Zum ersten führen die Regeln wahrscheinlich dazu, dass der Suchprozess, wie beabsichtigt, wesentlich mehr in die Tiefe geht, als das in "ungeregelten" Gesprächen der Fall ist* Dadurch werden Probleme zugänglich, die sonst zu komplex waren. Zudem scheint es auch möglich, dass so mehr Information aus dem Langzeitgedächtnis mobilisiert werden kann.

Neben diesem beabsichtigten Effekt scheint die Anwendung der Regeln überraschend positiv auf die Motivation zu wirken. Dies könnte sich auf folgende Umstände zurückführen lassen:

- Generell gibt das strukturierte Vorgehen den Gesprächspartnern das Gefühl, die Sache unter Kontrolle zu haben.
- Meistens sind im Verlauf des Gesprächs neben dem momentan bearbeiteten Ast des Suchbaums noch andere Äste offen, so dass immer noch Hoffnung auf eine Lösung bleibt.
- Durch das geordnete Vorgehen wird auch die Möglichkeit, dass ein Problem vielleicht nicht lösbar ist, zu etwas, das man beweisen kann. Dadurch erhält auch ein "negativer" Ausgang eine positive Valenz.

3.3.4.3 Evaluation des Trainings

Als zweites Ziel neben der Überprüfung der Wirksamkeit der Regeln galt es ja auch noch Informationen über die Wirksamkeit des Trainings zu sammeln.

Offensichtlich war das Training nicht gerade wirkungslos, denn die Paare konnten nachher die Regeln irgendwie anwenden. Zudem konnte ein Problem, das im Zusammenhang der "Minimalvariante" beobachtet wurde, behoben werden. Die Paare zeigten keine Schwierigkeiten mehr, die Planung auch in grössere Tiefen fortzusetzen. Das lässt sich klar an den umfangreicheren Suchbäumen erkennen (vier bis acht Ebenen gegenüber vorher zwei bis drei Ebenen).

Aber ebenso offensichtlich zeigten die Gespräche, dass das Training weit davon entfernt ist, perfekt zu sein. Zwei der Paare hatten erheblich Mühe, sich an die Regeln zu halten, und auch bei den anderen tauchten immer wieder Schwierigkeiten auf. V.a. das Problem der Subzielbildung konnte durch das neue Training nicht behoben werden. Die Paare hatten Mühe oder zeigten ganz einfach Hemmungen, jede Vermutung und Idee zum Subziel zu erheben. Hier ist wahrscheinlich einige Routine und die Herausbildung einiger Heuristiken notwendig, bis das Ganze wirklich funktioniert.

Rückblickend lässt sich sagen, dass die Hauptschwäche beim Training v.a. in der zweiten verwendeten Situation lag. Das Spiel eignete sich sehr gut als Einstieg und zum Automatisieren des Grundmusters - also Subziele bilden, entscheiden, welches Subziel man angehen will, Subziel bearbeiten, etc.. Auch wurde damit das explizit angestrebte Ziel, nämlich die Vertiefung der Suchbäume, erreicht. Hingegen war die zweite Situation denkbar ungeeignet, die Schwierigkeiten zu trainieren, die sich in unstrukturierten Situationen ergeben - also Finden von Subzielen, ausführliches Planen, Strukturieren des Suchbaums -, da hier das Ziel zu wenig konkret war, um wirklich grössere Anstrengungen und Konzentration zu mobilisieren. Hier muss eine andere Übungssituation gefunden werden.

Daneben, dass die Regeln nicht immer problemlos angewendet wurden, zeigte sich aber auch, dass einige Probleme bestehen, zu denen die Regeln bisher keine Hilfe bieten können. Es sind dies drei Punkte, die mir aufgefallen sind:

Als erstes zeigte sich, dass das schon einmal beobachtete Problem, dass sich ein Partner aus dem Gespräch zurückziehen und nachdenken möchte, häufig auftritt (bei drei der fünf Paare aus der Experimentalgruppe, hingegen bei keinem Paar aus der Kontrollgruppe). Die Paare waren offenbar nicht sicher, wie sie damit umgehen sollten, und fragten z.T. sogar explizit, ob das im Rahmen der Regeln erlaubt sei.

Als zweites zeigte sich, dass es nicht einfach ist, ein geeignetes Verhältnis zwischen Planungsaufwand und inhaltlichem Gespräch zu finden. Wendet man die Regeln konsequent an, dann wird der Planungsaufwand sehr hoch, d.h. er nimmt - bei Anfängern - sicher mehr als die Hälfte der Zeit in Anspruch. Dies kam für die meisten Paare offenbar unerwartet, und sie hatten Mühe, soviel Zeit in die Planung zu investieren. So kam es immer wieder zu Phasen, wo das Gespräch unstrukturiert blieb.

Zudem trat bei zwei Paaren während des Gesprächs das Bedürfnis bzw. die Notwendigkeit auf, ein bis zweimal den ganzen Suchbaum aufgrund der neuen Kenntnisse umzustrukturieren.

Betrachtet man die Planung des Gesprächs - also Subziele bilden, sich für ein Ziel entscheiden - als Meta-Ebene zum Gespräche dann zielen diese hier neu auf getretenen Probleme auf eine Meta-Meta-Ebene, nämlich auf solche Probleme wie Änderung der Planung während des Gesprächs, Steuerung des ausgewogenen Verhältnisses zwischen Gespräch und Meta-Gespräch, etc.. Man könnte nun

Ja, man konnte nun an vielen Fronten weitermachen. Aber nach bald vier Jahren solcher "man konnte nun" brauche ich dringend eine Pause. Und deshalb ist hier vorläufig Schluss. Es bleibt noch die Aufgabe, als letztes den erreichten Stand der Dinge zusammenzufassen und alle "man könnte nun ..." zu sammeln.

4. Zusammenfassender Überblick über Teil III

Teil III hat uns in das eigentliche Anwendungsfeld unseres Modells, nämlich die Mensch-Mensch-Kommunikation, geführt. Dabei war es möglich, in folgenden Punkten das Modell weiter zu konkretisieren,

Einmal erlaubten es uns die Spiele, die bisher relativ intuitiv zusammengestellten Regeln auf ihre Bedeutung für menschliche Kommunikationspartner zu überprüfen, so dass es möglich wurde, triviale Regeln auszuschneiden und andere aufgrund der von den Experten entwickelten Strategien neu aufzunehmen. Als Resultat liegt ein Katalog von Regeln vor, der zumindest für diese Spiele - die sich v. a. durch einen komplexen "Frage-Wissensgegenfrage"-Zirkel auszeichnen -angemessen ist«

Zum zweiten konnten wir in verschiedenen Situationen feststellen (Spiele, Alltagssituationen), dass die Regeln dieses Katalogs spontan nicht angewendet werden, dass es sich also in diesem Sinn nicht um triviale Regeln handelt.

Zum dritten zeigte sich, dass sich Alltagssituationen finden lassen, auf die einerseits das Modell von der Struktur her anwendbar scheint (Wegerklären, t-Test und andere Mathematikaufgaben) und in denen andererseits die Beteiligten Mühe haben, zu einer Lösung zu gelangen.

Und schliesslich versuchten wir in einem letzten Schritt, zu prüfen, ob das Modell sein eigentliches Ziel erreicht, d.h. ob die daraus resultierenden Regeln tatsächlich beim Problemlösen zu zweit helfen. Wenn auch diese Frage noch nicht hieb- und stichfest geklärt ist, scheint doch vieles darauf hinzuweisen, dass dies der Fall ist. Allerdings zeigen sich erneut spezifische Lücken in den Regeln, und zudem muss das Training noch verbessert werden.

NACHSPANN

1. Die Hauptresultate
2. Inhaltliche Einsichten abseits der Hauptstrasse
3. Methodische Einsichten

Es bleibt noch die Aufgabe, eine Schlussbilanz dieser Arbeit zu ziehen. Ihr Wert für mich liegt auf zwei Ebenen. Einerseits ist da das inhaltliche Interesse, d.h. die hier gewonnenen Einblicke in das betrachtete Problem. Andererseits steht hinter ihr aber auch ein methodisches Interesse, d.h. der Versuch, verschiedenste Methoden auszuprobieren und einen eigenen Forschungsstil zu finden.

Bei den inhaltlichen Resultaten wäre im weiteren zu unterscheiden zwischen den Resultaten, die sich aus der gezielten Arbeit, bezogen auf die von Anfang an deklarierten Ziele, ergeben haben, und "Eindrücken", die sich zum Teil ungefragt, z.T. bezogen auf andere Ziele, eingestellt haben. Ich werde zuerst auf die explizit angestrebten Resultate zu sprechen kommen und dann in zwei weiteren Abschnitten die mehr persönlichen Eindrücke und die methodischen Einsichten behandeln.

1. Die Hauptresultate

1. Die Regeln und ihre Bewährung
2. Generalisierbarkeit der Resultate
3. Problemlösen zu zweit und Sprache
4. Problemlösen zu zweit und Gedächtnis
5. Problemlösen zu zweit und Problemlösen allein

Es scheint mir nicht sinnvoll, hier nochmals eine Art Zusammenfassung der Arbeit zu geben. Ich werde versuchen, nur kurz darauf einzugehen, für wie gesichert ich die einzelnen Resultate aufgrund der vorhandenen Evidenz halte, und dann anschliessend diskutieren, welche Fragen offen bleiben, d.h. wo der Forschungsprozess fortfahren könnte.

1.1 Die Regeln und ihre Bewährung

Erklärtes Hauptziel dieser Arbeit war es ja, einen Satz von Regeln zu finden, die zwei Gesprächspartnern bei einer bestimmten Art von Problemen helfen könnten, zu einer Lösung zu gelangen. Dieses Ziel wurde sicher, zumindest für eine Teilmenge dieser Probleme, erreicht.

Es liegen sieben solche Regeln vor (vgl. Anhang E, bzw. Teil III» 3.1.1), die sich v.a. um das Problem der Koordination von Frage und Wissensgegenfrage gruppieren. Verwendet man die eingangs von Teil III aufgestellten Kriterien zur Beurteilung der Regeln, dann würde ich meinen, dass sie sicher nicht trivial sind, dass eine gewisse Relevanz gegeben ist und dass sie sich sehr wahrscheinlich auch als wirksam erweisen werden.

Nicht trivial sind sie, da es offensichtlich jede Menge Gesprächssituationen gibt, in denen das spontane Verhalten der Gesprächsteilnehmer nicht mit diesen Regeln beschrieben werden kann (Teil II, 3.3.4 "Spiele"; Teil III, 3.2.2.1 "Mittelschulwissen") und in denen die Gesprächspartner Muhe haben, zu einer Lösung zu gelangen. Relevant sind sie, da anzunehmen ist, dass zumindest ein Teil dieser Probleme ("Mittelschulwissen") spontan auftreten und dass die Beteiligten in diesen Situationen auch daran interessiert sind, sie zu lösen. Und zum dritten hat der direkte Vergleich gezeigt, dass es recht wahrscheinlich ist, dass Personen, die die Regeln in solchen Situationen anwenden, bei gleichen Voraussetzungen tatsächlich im Schnitt eher zu einer Lösung gelangen als solche, die es nicht tun (Teil III, 3.3.5). Hier wäre allerdings etwas mehr Evidenz wünschenswert.

1.2 Generalisierbarkeit der Resultate

Gehen wir von der Annahme aus, dass es gelingen wird, an zwei, drei anderen Beispielen noch klarer zu zeigen, dass die Regeln wirksam sind, stellt sich natürlich die Frage, wieweit sich dieses Resultat generalisieren lässt.

Als erstes scheint es mir recht wahrscheinlich-, dass eine Generalisierung auf alle prototypischen Situationen, die unseren Einschränkungen entsprechen, möglich ist. Das heisst, ich nehme an, dass der Erfolg der Paare beim "Ableitungsproblem" nicht auf andere Faktoren der Situation zurückzuführen ist, als auf die, die in der Eingrenzung des Prototypen aufgezählt wurden (Teil III,

3.1.2). Diese Annahme scheint mir v.a. ^ darum plausibel, weil es sich dabei doch um eine sehr eingeschränkte Kategorie von Problemen handelt.

Die Einschränkungen beziehen sich im wesentlichen auf folgende Aspekte der Situation:

1. Beide Partner arbeiten am gleichen Ziel.
2. Probleme sind, als Löcher im Wissen beschreibbar.
3. Das Wissen der beiden Partner ist widerspruchsfrei.
4. Das Problem ist begrenzt.
5. Die Partner sind in der Lage, "gute" Antworten zu geben.

All diesen Einschränkungen genügen offenbar Probleme, in denen es darum geht, Wissen zu rekonstruieren, das beiden Partnern einmal in "gleicher" Form zugänglich war (z.B. "Mittelschulwissen" bei Studenten). Hier ist v.a. das gemeinsame Ziel, ein gemeinsamer Hintergrund (eine Voraussetzung für "gute" Antworten) und die Widerspruchsfreiheit gesichert. Wahrscheinlich passen alle Situationen, in denen Schulstoff gemeinsam aufgearbeitet werden soll (gemeinsame Hausaufgaben, Gruppenarbeit nach einem Input des Lehrers), hierher, so dass auch auf sie die Regeln anwendbar wären. Ebenfalls denkbar ist, dass das gemeinsame Problemlösen "kleiner" Probleme durch mehrere Experten des gleichen Gebiets hierhin passt, sofern das Gebiet einigermaßen unumstritten ist. Denkbar wäre hier z.B. gemeinsame Vorbereitung von Schulstunden durch zwei Lehrer, wenn es v.a. darum geht, den Stoff zusammenzutragen und nach didaktischen Regeln, über die Konsens besteht, aufzuarbeiten, etc..

Ausgehend von diesem eingeschränkten Problemtyp können wir nun selbstverständlich versuchen, die eine oder andere Einschränkung wegzulassen und dann Situationen zu suchen, die genau diese Einschränkungen verletzen. Tabelle 4 stellt einen Versuch in diese Richtung dar.

Tabelle 4: Verschiedene Problemtypen

gültige Einschränkungen	"verletzte" Einschränkungen	mögliche Situationen
I 1,2,3,4,5	-	- gemeinsames "Erinnern" - Problemlösen zweier Experten des gleichen Gebiets zu einem nicht kontroversen Thema
II 1,2,3,4	"gute Antworten"	- Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams - Aufgaben, die nur für den "Lerner" ein Problem darstellen
III 1,(4),(5)	"Widersprüche"	- Experten zu kontroversen Themen
IV (4),(5)	"gemeinsam. Ziel" "Problem als Loch"	- politische Diskussionen - "Beratung" als Beeinflussung

Wieweit das Modell ohne grosse Erweiterungen auf diese Situationen anwendbar ist, lässt sich nur schwer abschätzen. Wie schon erwähnt, können wir bei den Problemtypen II und III Situationen danach unterscheiden, ob die jeweiligen "Wider Sprüche" bzw. "schlechten Antworten" lokal lösbare Probleme bleiben oder ob sie globale Ausmasse annehmen. Bleiben sie lokal, d.h. beeinflussen sie den Suchprozess nicht, dann sollte das Modell theoretisch auf den Teil des Dialogs, der den Suchprozess umfasst, genausogut anzuwenden sein wie auf Situationen vom Typ I. Allerdings müssen die von den "Widersprüchen" und "schlechten Antworten" aufgeworfenen Probleme auch wirklich für die Gesprächspartner lösbar sein, damit die Regeln überhaupt zum Tragen kommen. Je nachdem, wie gravierend die ausserhalb des "Frage-Wissensgegenfrage"-Zirkels auftretenden Schwierigkeiten sind, kann die Bedeutung der Regeln sehr unterschiedlich sein.

Sind die Schwierigkeiten globaler Natur, d.h. führen sie dazu, dass der Suchprozess beeinflusst wird, ist nur schwer abzuschätzen, wieweit die Regeln noch brauchbar sind. Das gleiche gilt für Situationen vom Typ IV, so dass ich hier keine Vermutungen anstellen möchte.

1.3 Problemlösen zu zweit und Sprache

Mir scheint, dass sich die Analogie zwischen Problemlöseprozessen, die in einem "System" ablaufen, und solchen, die zwischen zwei "Systemen" hin und her wechseln, als äusserst fruchtbar erwiesen hat. Dadurch wurde es möglich, Vorstellungen zu entwickeln, was in einer bestimmten Situation notwendigerweise an Informationen vom einem "System" auf das andere übertragen werden muss. Meines Wissens wurde dieser Ansatz in der Psychologie bisher noch nicht versucht. Dabei konnte er sich auch bei anderen Fragestellungen, bei denen kognitive Aspekte der Kommunikation im Vordergrund stehen, als nützlich erweisen, wie etwa in stark kognitiv orientierten Therapiemodellen.

Zum zweiten scheint mir die Aufgliederung der Kommunikationssituation in vier Zirkel sehr hilfreich - also in

A Frage und Antwort

B Frage und Verständnisgegenfrage

C Frage und Wissensgegenfrage

D Antwort und präzisierende Nachfrage

Wie sich gezeigt hat, lassen sich Probleme finden, in denen nur einer der Zirkel wirklich problematisch ist (hier C). Und zudem sind Situationen denkbar, in denen die Zirkel B bis D "orthogonal" sind, sich also nicht gegenseitig beeinflussen. Von daher erlaubt es diese Einteilung, die jeweils mit einem Zirkel verbundenen Probleme speziell zu behandeln. Denkbar wäre übrigens auch, dass ein bewusster Versuch, in einem Gespräch diese drei Zirkel so gut wie möglich zu trennen, sich als nützliche Strategie erweisen könnte, um die Komplexität der Situation zu reduzieren.

Aus Teil I wissen wir, dass jeder Zirkel wahrscheinlich mit "Notausgängen" versehen ist, die benutzt werden können, wenn die rekursive Einbettung von Frage und Gegenfrage unübersichtlich wird. In den Regeln haben wir uns bisher nur mit dem "normalen" Verlauf des Zirkels C befasst. Allenfalls konnte es sich als nützlich erweisen, auch einmal die "Notausgänge" systematischer zu untersuchen.

1.4 Problemlösen zu zweit und Gedächtnis

Ganz offensichtlich besteht die Wirkung der Regeln z.T. darin, dass durch das explizite Aufnotieren des Suchbaums ein externes Gedächtnis geschaffen wird. Dadurch werden die Gedächtnisfunktionen der Partner einerseits entlastet, und andererseits wird so eine umfassende "Speicherung" des Gesprächs- und Problemlöseverlaufs überhaupt erst möglich. Denn wegen der beschränkten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist es den Gesprächsteilnehmern unmöglich, auch nur einen kleinen Ausschnitt des Dialogs präsent zu haben und gleichzeitig inhaltlich am Problem zu arbeiten (zum Konzept "Arbeitsgedächtnis" und dessen Kapazität vgl. Baeriswyl, 1984). Und eine Speicherung im Langzeitgedächtnis wäre nur mit grossem Aufwand möglich. Dies kommt als Resultat nicht überraschend, denn schon 1957 hat Simon darauf hingewiesen, dass jedes Modell menschlicher Informationsverarbeitung den beschränkten Kapazitäten Rechnung tragen muss (Simon, 1957). Und Newell & Simon (1972) gelangten in ihren bekannten Studien zum Schluss, dass Problemlöser aus Kapazitätsgründen (und wegen den langen Enkodierungszeiten im Langzeitgedächtnis) höchstens 2 bis 3 Stationen des Suchprozesses für ein backtracking gespeichert haben.

Interessanter scheint mir daher ein anderer Aspekt. Typischerweise traten in den beobachteten Dialogen praktisch keine langen Pausen auf. Es war also immer mindestens ein Partner am Sprechen, Der andere horte zu oder - was nach meinem Eindruck sehr häufig vorkam - ging seinen eigenen Gedanken nach. Wenn sich nun der nachdenkende Partner in dieser Situation nicht vollständig gegen das abschliessen will, was der andere sagt, so braucht er notwendigerweise einen Teil der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses» um zumindest rudimentär die Aussagen des anderen mitzuverfolgen. Da er aber parallel dazu das Arbeitsgedächtnis zum "Nachdenken gebraucht, führt dies höchstwahrscheinlich zu Interferenzen der beiden gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis anwesenden Inhalte.

Handelt es sich dabei um sehr verschiedene Dinge, d.h. denkt er über etwas anderes nach als das, worüber sein Partner gerade spricht, führt das ziemlich sicher zu einer Störung seines Gedankengangs. Viele Gespräche hinter Hessen bei mir auch den Eindruck, dass eigentlich keiner der beiden Partner je einen Gedanken zu Ende denken konnte, sondern immer gestört wurde, bzw. sich stören liess.

Spricht der eine Partner jedoch in etwa vom gleichen Teilproblem, worüber der andere gerade nachdenkt, d.h. sind die beiden Problemlöseprozesse parallel (was bei Anwendung der Regeln eigentlich der Fall sein sollte), dann brauchen die auftretenden Interferenzen nicht unbedingt zu stören, sondern können vielmehr gerade zur Lösung des Problems führen. Es wäre also denkbar,

dass die Regeln (auch ohne dass sie speziell Zeit zum Nachdenken einräumen) dazu führen, dass mehr Gedanken zu Ende gedacht werden können.

1.5 Problemlösen zu zweit und Problemlösen allein

Gerade die verwendete Analogie zwischen Suchprozessen in einem "System" und Suchprozessen, die zwischen zwei "Systemen" hin und her gehen, legt die Frage nahe, welche Zusammenhänge zwischen dem hier betrachteten Problemlösen zu zweit und dem "normalen" Problemlösen bestehen. Die Frage stellt sich in doppelter Hinsicht. Einmal wäre es ja denkbar, dass unsere Regeln nur dadurch wirksam sind, dass sie das individuelle Problemlöseverhalten der einzelnen Gesprächsteilnehmer verbessern und somit gar keine eigentlichen Kommunikationsregeln darstellen. Und zum zweiten kann man sich überlegen, ob die bewusste Anwendung der Regeln beim Problemlösen allein ebenfalls wirksam sein könnte.

Generell ist einmal dazu anzumerken, dass ich in allen hier angestellten Überlegungen die individuelle Problemlösekompetenz der einzelnen Partner immer als gegeben vorausgesetzt habe. D.h. es ging mir immer nur darum, die Fähigkeiten der einzelnen Partner durch eine geeignete Kommunikation optimal nutzbar zu machen. Insbesondere stand nie zur Diskussion, wie die einzelnen Gesprächsteilnehmer zu ihren Subzielen gelangen. Auch am Ende von Teil III, bei der Evaluation des Trainings, war mit der Feststellung, das "Subzielbilden" müsse im Verlauf des Trainings besser geübt werden, nur gemeint, dass die Teilnehmer lernen müssen, ihre Ideen explizit als Subziele ins Gespräch einzubringen.

Welchen Einfluss die Regeln neben der angestrebten Koordination der beiden Problemlöseprozesse der beiden Partner noch auf den individuellen Prozess gehabt haben, lässt sich schwer abschätzen. In der mir bekannten Literatur zum Problemlösen wird die Wirkung solcher Strukturierungshilfen wie das explizite Aufzeichnen eines Suchbaums nicht untersucht und diskutiert. Die ganze Forschungstradition um die Frage "Wie wird man ein guter Problemlöser?" (wesentlich von Polya stimuliert), richtet ihr Interesse v.a. auf die Frage, wie man zu einer Aufgabe gute Subziele findet.

Polya selbst (z.B. Polya, 1949) spricht von vier Phasen im Problemlöseprozess (Verstehen des Problems, Ausdenken eines Plans, Ausführen des Plans und Rückschau), und das Hauptgewicht seiner Ratschläge liegt eindeutig bei der zweiten Phase. Im Vordergrund stehen dabei Ratschläge, die helfen können, Subziele zu finden (z.B. "analoge Aufgaben finden" etc.). Nirgends wird erwähnt, dass es vielleicht ratsam wäre, den so konstruierten Plan aufzuschreiben, obwohl Polya selbst zur Ausführungsphase bemerkt: "Die Hauptgefahr ist, dass der Schüler seinen Plan vergisst" (S.26). Vielleicht war das für ihn selbstverständlich.

Aber auch wenn man neuere Literatur betrachtet (z.B. Tuma & Reif, 1980) hat sich diese Gewichtung nicht verändert. Newell (1980) erwähnt in einer Zusammenfassung von Ansätzen, die bisher bemüht wurden, generelle Problemlösefähigkeiten zu erklären, "the ability to manage intellectual resources" (gleich "discipline") nur ganz zuletzt und am Rande und verweist diese Fähigkeit erst noch in einen Bereich "outside of the cognitive world" (S. 187). Es finden sich keine Hinweise auf die Rolle, die ein gezieltes Einsetzen externer Gedächtnisse spielen könnte. Dies interessanterweise, obwohl er und Simon (Newell & Simon, 1972) in ihrem Modell gezwungen waren, solch ein externes Gedächtnis anzunehmen (als eine Art Erweiterung des Kurzzeitgedächtnisses um den Inhalt dessen, was sich momentan gerade im Blickfeld befindet).

Obwohl es also sehr plausibel erscheint, dass das explizite Aufschreiben eines Suchbaums auch für den individuellen Problemlöser -gerade wenn er versucht sein Problem über Subziele anzugehen - von Nutzen sein könnte, müsste dies zuerst überprüft werden.

2. Inhaltliche Einsichten abseits der Hauptstrasse

1. Ursachen von Nicht-Verstehen

2. Die Transformierbarkeit von Wissen

Neben den nun besprochenen Resultaten haben sich im Verlauf der Arbeit einige Änderungen in meinen Ansichten ergeben, die in dem Sinn weniger wissenschaftlich sind, als dass ich nicht besonders gut belegen kann, worauf sie gründen. Da sie aber sicher ihren Einfluss auf die Arbeit hatten und v.a. auf zukünftige Arbeiten haben werden, nehme ich mir die Freiheit, sie hier aufzuschreiben, obwohl sie nicht über persönliche Ansichten hinausgehen. Es handelt sich v.a. um Überlegungen, die im Zusammenhang stehen mit der Möglichkeit, Wissen zu "verändern" (übertragen auf andere Personen, einsetzen für verschiedene Ziele, etc.).

2.1. Ursachen von Nicht-Verstehen

Natürlich stand ganz zu Beginn dieser Arbeit eine Vermutung, woran es v.a. liegen könnte, wenn zwei Personen sich nicht verständigen können. Ich hatte erwartet, dass die grössten Probleme dann entstehen würden, wenn das Wissen über den Gesprächsgegenstand bei den beiden Gesprächspartnern sehr unterschiedlich repräsentiert ist. Diese Erwartung fand einmal ihren Niederschlag bei der Konstruktion des Gesprächsgegenstandes im ersten Teil. Dort habe ich ja die Absicht festgehalten, Unterschiede in der Repräsentation dadurch zu verwirklichen, dass den beiden Gesprächspartnern nicht die gleichen Relationen bekannt waren (Teil I, 1.1.1). Und zum zweiten machte sich meine Erwartung bemerkbar bei der Kategorisierung der möglichen Probleme nach (Vor-)Wissensdifferenzen (Teil I, 3.).

Eine Folge dieser Erwartung war die Vermutung, dass es Situationen geben kann, in denen die Unterschiede zwischen den Repräsentationen der beiden Partner so gross sind, dass eine Verständigung vollständig unmöglich wird. Interessanterweise spielte diese Überlegung dann aber im weiteren Verlauf der Arbeit kaum eine Rolle. Ein letztes Überbleibsel davon findet sich nur noch in den Überlegungen zur "minimal notwendigen Menge von Berührungspunkten" (Teil II, 1.2). Wieso das?

Einmal liegt es sicher daran, dass sich der Fokus der Arbeit von der Frage, wie sich Wissen von einer Person zur anderen übertragen lässt (z.B. Frau Miller erklärt ihrem Mann, wie ein Automotor funktioniert), hin zur Frage des gemeinsamen Problemlösens verschoben hat (z.B. Hans und Ruedi wollen eine Mondrakete basteln). Begleitet war diese Verschiebung des Fokus von einer Veränderung meines Bildes vom ablaufenden Prozess. Beinhaltete die "Wissensübertragung" bildlich die Vorstellung, dass "Wissensstücke" von einer Person zur anderen übertragen werden, so entsprach dem "Problemlösen" mehr das Bild eines sich über das gemeinsame Wissen ausdehnenden Suchprozesses. Dabei kam ich zu dem für mich sehr überraschenden Eindruck, dass die Menge der "Berührungspunkte", die die Verbindung zwischen dem Wissen der beiden Partner darstellen, in vielen Aufgaben ausserordentlich klein sein kann, ohne dass eine Problemlösung unmöglich wird.

Natürlich handelt es sich dabei nicht um ein erhärtetes Resultat. Aber wenn man bedenkt, dass z.B. mit nur vier Berührungspunkten ein Suchprozess möglich ist, der bereits bis zu drei Frage-Wissensgegenfrage-Zirkel tief ist, also deutlich mehr, als sich in spontanen Gesprächen beobachten lässt, dann drängt sich schon die Vermutung auf, dass in den meisten Fällen die Kommunikation nicht an den unterschiedlichen Wissensstrukturen (d.h. an der Beschränktheit der Menge der Berührungspunkte) scheitert, sondern an der ineffizienten Ausnutzung dieses Wissens.

In diesem Sinn bin ich, ausgehend von einer eher pessimistischen Vorstellung, dass nämlich der Verständigung absolute Schranken gesetzt sein könnten, als Resultat meiner Arbeit zum viel optimistischeren Eindruck gelangt, dass zumindest ein gemeinsames Problemlösen beim Einsatz geeigneter Techniken auch unter sehr extremen Bedingungen noch möglich ist.

Es bleibt allerdings die Frage, ob damit auch etwas über die "Wissensübertragung" ausgesagt ist. Ich tendiere dazu, auch hier einen optimistischen Standpunkt einzunehmen, da es mir denkbar scheint, dass es sich bei "Wissensübertragung" und "Problemlösen" nur um zwei verschiedene Betrachtungsweisen desselben Phänomens handelt.

Einerseits last sich ohne weiteres die Übertragung von Wissen als eine spezielle Problemlösestrategie auffassen. Gelingt es nämlich dem Paar, das gesamte für das Problem relevante Wissen vom Lehrer zum Lerner zu übertragen, dann kann dieser abschliessend das Problem allein genausogut lösen wie die beiden zusammen. Allerdings ist eine vollständige Übertragung wahrscheinlich meist nicht möglich, und wie wir gesehen haben (Teil II, 1.2), auch gar nicht notwendig.

Umgekehrt kann man das gemeinsame Problemlösen als eine spezielle didaktische Variante der Wissensvermittlung verstehen. Einmal lernen im Verlauf des Gesprächs (v.a. wenn es zur Lösung des Problems kommt) die beiden Partner einiges über das Wissen des anderen. Zum zweiten lässt sich das Hauptziel eines Gesprächs aber auch explizit so formulieren, dass eine Lösung einer "Wissensübertragung" gleichkommt. So eine Formulierung könnte z.B. sein: "Der Lerner sollte imstande sein, Ableitungsprobleme allein zu lösen". Ob sich das Modell auf solche Probleme anwenden lässt, wäre allerdings noch zu prüfen.

Zusammengefasst kann ich also festhalten, dass für mich aus dieser Arbeit die recht optimistische Perspektive resultiert, dass Verständigung auch unter sehr extremen Bedingungen mit Hilfe geeigneter (und erlernbarer !) Techniken möglich ist.

2.2. Die Transformierbarkeit von Wissen

Die Arbeit war von Anfang an durch ein weiteres Interesse mitmotiviert, das ich bisher nicht erwähnt habe. Ich hatte mich in meiner Lizentiatsarbeit ausführlich mit erkenntnistheoretischen Fragen beschäftigt und war dabei zum Schluss gelangt, dass "Wissen" über einen Gegenstand nur verstanden werden kann als Modell dieses Gegenstandes, das im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel erstellt wurde (VORSPANN, 2.1 und 2.2; Kaiser, 1980). Als grosse offene Frage war dabei für mich das Problem übriggeblieben, wieweit "Wissen", das unter einem bestimmten Ziel gesammelt wurde, für andere Ziele fruchtbar gemacht werden kann. Da anzunehmen ist, dass unterschiedliche Ziele unterschiedliche Strukturen des "Wissens" zur Folge haben, kann diese Frage auch als Frage nach der Möglichkeit, Wissen umzustrukturieren, verstanden werden. Und dabei dürfte v.a. von Interesse sein, wie unterschiedlich die Ziele/Strukturen noch sein dürfen, damit eine solche Übertragung überhaupt möglich ist.

Wie man sieht, handelt es sich beim hier angesprochenen Problem um eine Art "logische" Fassung des psychologisch behandelten Themas. Und wie bei der psychologischen Fassung hat sich für mich auch hier im Verlauf der Arbeit dieselbe Verschiebung des Fokus ergeben, wie ich sie unter 2.1 beschrieben habe. Auch hier liegen natürlich keine schlüssigen Resultate vor, aber ein Eindruck lässt sich formulieren. Eine direkte Verwendung von "Wissen" unter fremden Zielen scheint - mir nach wie vor sehr problematisch (v.a. wenn dieser Wechsel des Ziels nicht reflektiert wird, wie das leider sehr oft der Fall ist). D.h. es scheint mir z.B. sehr fragwürdig, ob experimentell gewonnene Resultate einfach so in therapeutischen Situationen verwendet werden können, etc..

Betrachtet man aber die Anwendung von Wissen als Problemlöseprozess, an dem verschiedene Wissensstücke beteiligt sein können, dann scheint es mir möglich, mit "hybriden" Modellen, die im Hinblick auf verschiedene Ziele gesammeltes Wissen integrieren, zu arbeiten. Die genauen Bedingungen, unter denen das möglich ist, wären allerdings noch zu klären.

3. Methodische Einsichten

1. Iterative Forschungsstrategie mit kleinen Schritten
2. Minicomputersimulation
3. Der Computer als Modell menschlichen Verhaltens

Neben der Auseinandersetzung mit der psychologisch-inhaltlichen Problematik bedeutete diese Arbeit für mich auch eine sehr starke Auseinandersetzung mit methodischen Fragen. Sie stellt für mich ein Versuch dar, einerseits die verschiedensten Methoden auszuprobieren (von der Computersimulation bis zum klassischen Experiment) und andererseits einen eigenen, auf meine Fähigkeiten abgestimmten Forschungsstil zu finden. Ich möchte hier nun natürlich nicht .noch eine methodische Abhandlung an diese Arbeit anhängen. Ein paar persönlich gefärbte Reflexionen seien mir aber gestattet.

3.1. Iterative Forschungsstrategie mit kleinen Schritten

Wie Forschung betrieben wird, ist sicher unter anderem eine Frage des Stils und damit nicht in allen Aspekten festlegbar. Ich möchte hier trotzdem eine Lanze brechen für ein Vorgehen, das ich die "Methode der kleinen Schritte" nenne.

Viele publizierte psychologische Arbeiten zeichnen sich dadurch aus, dass eine (oft schwach begründete) Vermutung oder Variante einer Vermutung, die bisher in dieser Form noch nie empirisch überprüft wurde, an einer relativ grossen Stichprobe (dreissig Personen und mehr) getestet wird.

Ich halte dieses Vorgehen je länger je mehr in den allermeisten Fällen für völlig unangebracht. Denn einmal muss eine Theorie schon sehr "richtig" sein, dass nicht schon nach drei bis vier untersuchten Personen offensichtlich an den Tag tritt, wo sie inadäquat ist. Solche Theorien sind beim jetzigen Wissensstand der Psychologie sehr selten, so dass sich die meisten Untersuchungen fünfundzwanzig und mehr Versuchspersonen schenken konnten.

Zum zweiten verunmöglicht es die - bei grossen Stichproben unumgängliche - "Massenabfertigung" dem Forscher, sich die einzelnen Personen wirklich anzusehen. (Devreux (1973) vermutet allerdings, dies sei Absicht und geschehe aus Angst vor eben diesen Personen.) Dadurch entgehen ihm viele Informationen, die imstande wären, seine Theorie mehr den empirischen Gegebenheiten anzupassen.

Ich möchte deshalb behaupten, dass in den allermeisten Fällen eine Forschungsstrategie, die in kleinen Schritten vorgeht, d.h. Vermutungen an drei bis vier Personen prüft, revidiert, wieder prüft, etc., die angebrachte Methode ist. Natürlich heisst das nicht, dass es nicht notwendig wäre, zu "grösseren" Untersuchungen zu greifen, wenn man schliesslich einigermassen glaubwürdig

nachweisen will, dass die so erarbeiteten Vermutungen stimmen. Bis es aber soweit ist, dass ein solcher "Beweis" gewisse Aussicht auf Erfolg hat, sind meist viele kleine Schritte notwendig.

3.2. Minicomputer Simulation

Im Rahmen der Theoriebildung habe ich ja v.a. im ersten Teil ausgiebig vom Instrument der Computer-Simulation Gebrauch gemacht. Meines Erachtens hat es sich als unschätzbare Hilfe bei der Überprüfung der logischen Vollständigkeit und Stimmigkeit des Modells erwiesen. Als Illustration folgendes kleine Beispiel dazu: An einem bestimmten Punkt des Ausbaus des Programms hatte ich beiden Partnern die Möglichkeit gegeben, auf eine unverständliche Äusserung des anderen mit "UNVERSTAENDLICH !" zu antworten. Als ich darauf das Programm laufen liess, ergab sich folgender Dialog:

HANS : UNVERSTAENDLICH !

RUEDI : UNVERSTAENDLICH !

HANS : UNVERSTAENDLICH !

RUEDI : UNVERSTAENDLICH !

etc.

D.h. beide konnten nicht verstehen, was "UNVERSTAENDLICH !" heisst, und gerieten so in eine endlose Schlaufe. Anders gesagt, ich hatte vergessen, eine zu "UNVERSTAENDLICH !" reziproke Möglichkeit, mit dieser Äusserung umzugehen, einzubauen. Ich weiss nicht, ob ich diesen Mangel bei einer reinen Papier-und-Bleistift-Theorie so schnell bemerkt hätte.

Leider wird das Instrument der Computer-Simulation trotz seiner Brauchbarkeit recht selten eingesetzt. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die wenigen Psychologen, die von dieser Möglichkeit überhaupt schon gehört haben, v.a. mit den grossen Projekten der künstlichen Intelligenz bekannt sind und von daher annehmen, dass eine solche Simulation die eigenen Möglichkeiten auf jeden Fall übersteigt.

Dem ist nicht so. Alles, was mir für diese Arbeit zur Verfügung stand, war eine Maschine (PDP-11/03) mit einer Kapazität, wie sie heute von jedem PC geboten wird. Und wie sich gezeigt hat, ist es damit durchaus möglich, eine Art "Mini-Computer-Simulation" (MCS) zu betreiben. Wichtig ist dabei nur, dass man durch ein geeignetes Vorgehen dafür sorgt, dass die MCS auch wirklich "mini" bleibt.

Dazu stehen im wesentlichen zwei Hilfsmittel zur Verfügung. Einmal kann man sich viel Aufwand durch die Verwendung einer geeigneten Spielumwelt sparen, in der sich die meisten Programmierprobleme beinahe von allein lösen. Die Zahlenquadrate als Gesprächsgegenstand haben sich hier sehr gut bewährt. Und zum zweiten ist es selbstverständlich nicht notwendig, völlig irrelevante Aspekte der Situation auch in die Simulation aufzunehmen. Hier liess sich zum Beispiel auch einiges an Arbeit dadurch sparen, dass ich die Modellrelation zwischen Gegenstand und internem Modell des Gegenstandes nicht ausgebaut habe.

Beherrzt man diese Tipps zur Selbstbeschränkung, dann ist es durchaus möglich, mit Hilfe von MCS schon mit wenig Mittel wesentliche Einsichten zu gewinnen, zumal sich diese oft schon einstellen, bevor ein völlig elaboriertes Modell ausgearbeitet wurde. Ich kann mich hier nur Johnson-Laird anschliessen, wenn er schreibt: "For a cognitive scientist, the single most important virtue of programming should come not from a finished program itself, or what it does, but rather from the business of developing it. Indeed the aim should be to force the theorist to think again." Und: " The development of small-scale programs to explore part of a general theory can be a genuinely dialectical process leading to new ideas- both about the theory and even about how to test it experimentally." (Johnson-Laird, 1981, S. 186)

3.3. Der Computer als Modell menschlichen Verhaltens

Im Vorspann hatte ich mir Gedanken darüber gemacht, welche negativen Analogien der Computer als Modell menschlichen Verhaltens eventuell beinhalten könnte. Im Zentrum stand dabei die Überlegung, ob die Notwendigkeit, beim Programmieren das "Verhalten" des Computers bis ins letzte Detail festzulegen, nicht im Widerspruch stehen könnte zum Moment der "Freiheit", das ich menschlichem Verhalten attribuieren möchte (VORSPANN, 2.4).

Soweit ich sehen kann, haben sich keine derartigen Probleme ergeben. Und im Verlauf der Niederschrift der Arbeit bin ich ja auch nicht explizit auf diese Frage zurückgekommen. Implizit haben aber Überlegungen zu diesem Punkt in jeder Phase des Forschungsprozesses mitgespielt. Hauptsächlich zeigen sie sich im Teil II, wo es galt festzulegen, wann wir von einer Abweichung des

Verhaltens des GASTes von dem des MINC sprechen wollen (Teil II, 3.3.1). Dort wurde die Strategie des MINC in notwendig vorhandene Teilstrategien zerlegt, die sich im Prinzip frei koordinieren lassen. Genau dieses Vorgehen findet sich auch im Rest der Arbeit. D.h. ich habe immer versucht, Stücke von Verhalten zu identifizieren, die unbedingt in einer bestimmten Form ablaufen müssen - und diese dann durch Regeln beschrieben -, und die restlichen Details der simulierten Strategie als neutrale Analogie betrachtet.

Hält man sich an dieses Vorgehen, d.h. ist man sich bewusst, welche Teile der Simulation überhaupt als positive Analogien gelten sollen, scheinen sich dadurch, dass man beim Programmieren auch "neutrale" Details fixieren muss, keine Probleme zu ergeben.

Allerdings sind dann im Verlauf der Arbeit andere Probleme aufgetreten. Es handelt sich dabei durchwegs um Probleme, die mit Unterschieden zwischen dem "Gedächtnis" bei Mensch und Computer zu tun haben. Wie ich schon erwähnte, (1.4) machten sich v.a. zwei solche Unterschiede bemerkbar ; Erstens, dass die Kapazität des "Arbeitsgedächtnisses" beim Computer im Vergleich zum Menschen praktisch unbegrenzt ist; und zweitens, dass die "Gedächtnisprozesse" des Computers von aussen kaum störbar sind. Ich hatte mit diesen Problemen nicht gerechnet, obwohl sie natürlich schon längst bekannt sind (Simon, 1957, zur Kapazität, und Neisser, 1963, zur Störbarkeit). In beiden Punkten ergaben sich beim Aufbau des Simulationsprogramms keine Hinweise darauf, dass hier Probleme liegen konnten.

Interessanterweise wirkte sich dies aber kaum negativ aus, sondern gerade der Vergleich zwischen dem "Verhalten" des Computers und dem der Menschen ergab interessante Hinweise darauf, wo Menschen Probleme haben , die man mit einfachen Hilfsmitteln lösen kann (z.B. Anlegen eines externen Gedächtnis). Aufgrund dieser Erfahrung kann ich also nur Feyerabend zustimmen, wenn er meint, dass es sich sehr wohl lohnen kann, kontrafaktische Theorien aufzustellen (Feyerabend, 1976).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich ein Computer gut als Modell menschlichen Verhaltens verwenden lässt, wenn man sich - wie bei jedem Modell - nur bewusst ist, welche Aspekte man überhaupt als positive Analogien einsetzen will. Und gerade in den Punkten, in denen der Computer offensichtlich von menschlichen Strukturen abweicht, besteht durch diese Abweichung eine Chance, dass man durch Vergleiche auf typische Eigenschaften menschlichen Verhaltens aufmerksam gemacht wird.

ANHANG

- A Die Sprache von HANS und RUEDI
- B Das Dialogmodell des Lehrers
- C Eine Liste möglicher Kommunikationsprobleme
- D Kommentiertes Listing des Programms
- E Die "Gebrauchsanweisung"
- F Inhaltsanalytische Kategorien zur Regelanwendung
- G Versuchsplanerische Überlegungen zum Vergleich "mit Regeln" und "ohne Regeln"
- H Die Spiele

ANHANG A : Die Sprache von HANS und RUEDI

Lexikon

ELEMENT	natürliche Zahlen	UNVERSTAENDLICH
SUMME	UNBEKANNT	JA
ZEILEN SUMME	.	NEIN
KOLONNEN SUMME	?	-
TOTAL	!	WIEVIEL

Grammatische Klassen und Konstituenten

Namen :	Vokabeln, die eine Teilmenge der Felder im Zahlenquadrat bezeichnen : ELEMENT, SUMME, ZEILEN SUMME, KOLONNEN SUMME, TOTAL,
Parameter :	Zahlen, die festlegen, welches Feld der durch einen Namen bezeichneten Menge genau gemeint ist : 1, 2, 3, 4, -, WIEVIEL
Bezeichnungen :	Kombinationen von Namen und Parametern, die ein bestimmtes Feld festlegen (z.B. ELEMENT 1 2)
Werte :	Zahlen, die angeben, welche Zahl in einem bestimmten Feld steht : Zahlen von 1 bis 99, UNBEKANNT, -
Satzzeichen :	? ,! ,.
Metazeichen :	Vokabeln, mit denen die Stellung des Satzes zu anderen Sätzen gekennzeichnet wird : JA, NEIN, SCHLUSS, -, leer. REP, REP-REP
Sätze :	Ketten von Vokabeln, die vollständige sprachliche Modelle bilden (z.B. ELEMENT 1 2 45 .)

Regeln, die Relationen zwischen Konstituenten in der internen Sprache herstellen :

- Satz = Metazeichen + Bezeichnung + Wert + Satzzeichen
- Bezeichnung = Name ••• (Parameter) 4- (Parameter)
- ELEMENT verlangt zwei Parameter
- TOTAL verlangt keinen Parameter
- alle übrigen Namen verlangen einen Parameter

Regeln, die Relationen zwischen dem internen Modell des Gegenstandes und der internen Sprache herstellen

(je nach Sprachverwendung unterschiedlich; hier die ausführlichste Variante)

INTERNES MODELL		SPRACHLICHES MODELL
1. Sy mit $y=(i-1)*4+k$ (für $i=1,2,3$; $k=1,2,3$)	=	Bezeichnung "ELEMENT i k" (für $i=1,2,3$ & $k=1,2,3$)
2. Zeichenkette x	=	Wert x
3. "Die Zeichenkette x ist auf Speicherplatz y"	=	"Die Bezeichnung y und der Wert x stehen im selben Satz"
4. Sy mit $y=12+k$ (für $k=1,2,3$)	=	Bezeichnung "KOLONNEN SUMME k" (für $k=1,2,3$)
5. Sy mit $y=4*i$ (für $i=1,2,3$)	=	Bezeichnung "ZEILEN SUMME i" (für $i=1,2,3$)
6. S16	=	Bezeichnung "TOTAL"

Regeln, die Relationen zwischen dem Zielzustand und der internen Sprache herstellen :

ZIELZUSTAND	INTERNE SPRACHE
"Lerner" (auch in Bezug auf unverstandene Sätze)	Satzzeichen = ?
"Lehrer"	Satzzeichen = .
Rollenwechsel	Satzzeichen = !

Regeln, die Relationen zwischen den einzelnen Sätzen im Dialog herstellen (=Dialogmodell)

Die Zusammenhänge sind etwas zu komplex, als dass sie sich gut in einer Aufzählung darstellen lassen. Für das vollständige Dialogmodell vergleiche TEIL I 1.3.7 (Lernerseite) und Anhang B (Lehrerseite). Hier nur einige Details, die aus den Flussdiagrammen nicht ersichtlich sind.

- Metazeichen = SCHLUSS, -. leer :
Der entsprechende Satz bezieht sich auf nichts im vorangehenden Dialog.
- Metazeichen == UNVERSTAENDLICH, REP :
Der entsprechende Satz bezieht sich auf den direkt vorangehenden Satz des Partners (und hat die gleiche Bezeichnung).
- Metazeichen = REP-REP :
Der entsprechende Satz bezieht sich auf den letzten selbst geäußerten Satz (und hat die gleiche Bezeichnung).

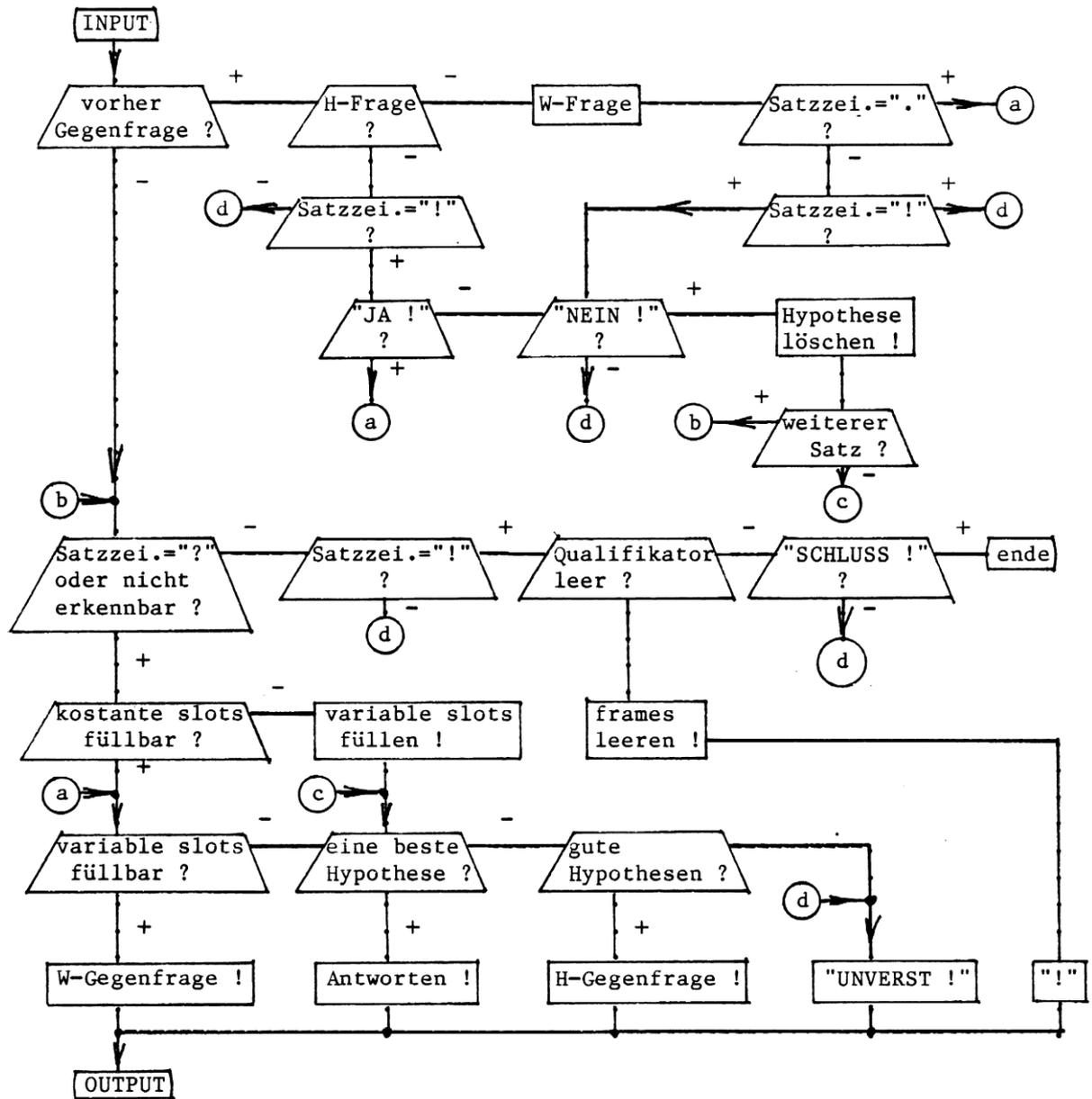
Regeln, die Relationen zwischen Konstituenten in der öffentlichen Sprache herstellen

- Satz = Aussagesatz oder Fragesatz oder Antwortsatz oder Metaaussage oder H-Gegenfrage oder W-Gegenfrage oder Fragepräzisierung
- Aussagesatz = Bezeichnung + Wert + Satzzeichen (=.)
- Fragesatz = Bezeichnung + Satzzeichen (=?)
- Antwortsatz = Wert + Satzzeichen (=.)
- Metaaussage = Metazeichen + Satzzeichen (=!)
- H-Gegenfrage = Name + Satzzeichen (=?)
- W-Gegenfrage = Bezeichnung + Satzzeichen (=?)
- Fr.-Präz. = Parameter + (Parameter) + Satzzeichen (=.)

Regeln, die Relationen zwischen interner und öffentlicher Sprache herstellen

INTERN		OEFFENTLICH
Satzzeichen	Metazeichen	
.	-	Aussagesatz
.	REP	Aussagesatz
.	REP-REP	Fragepräzisierung
.	JA, NEIN, UNVERSTAENDLICH	Metaaussage
!	SCHLUSS. leer	Metaaussage
?	-	Frage
?	REP	H-Gegenfrage
?	REP	W-Gegenfrage
(+ Parameter = WIEVIEL)		

ANHANG B : Das Dialogmodell des Lehrers



ANHANG C : Eine Liste möglicher Kommunikationsprobleme

URSACHE	PHAENOMEN	REGEL
1. Unterschiede im Modell des Gegenstandes + Jeder der Partner folgt nur seinen eigenen Ideen	Die beiden Modelle wurden sich zwar überschneiden, aber der Schnittpunkt ist so "versteckt", dass sie ihn nicht finden •	R1 : Jede Frage des Partners hat ihren Sinn R2 : Jeden Weg zuende verfolgen.
2. Unterschiedliche Inferenzstrategien + Schlüsse aus der eigenen Strategie auf die des anderen	Der eine Partner leitet über das Wissen des anderen Vorstellungen ab, die nur begrenzt stimmen; Folge : Nicht-Verstehen	R3 : Vorstellungen über das Wissen des P. nicht zementieren R4 : Wissensänderungen mitteilen.
3. Unterschiedliche Sprachverwendung (unbemerkt)	Teile des Modells gelangen an falsche Stellen	M1 : Kontrollfragen stellen
4. Unterschiedliche Sprachverwendung (blockiert) + Schlüsse aus Nicht-Verstehen auf Nicht-Wissen	Wichtige Information bleibt blockiert, da der Partner annimmt, dass der Partner etwas nicht weiss, wenn er nicht darüber sprechen kann.	R5 : Nicht-Verstehen bedeutet nicht Nicht-Wissen
5. Unterschiedliche Sprachverwendung (teilweises Verstehen) + verstehens-ergänzende Schlüsse	Missverständnisse durch falsche Schlüsse	M1 : Kontrollfragen stellen
6. Unterschiedliches Vorwissen über Dialogsequenzen + Schlüsse auf Verstehen aus Dialogablauf	Nicht-Verstehen : Dialogsequenzen passen nicht aufeinander, so dass jeder glaubt, der andere verstehe nicht .	R6 : Eigenartige Reaktion ist nicht immer gleich Nicht-Verstehen.
7. Unterschiedliches Vorwissen über Dialogsequenzen + Auslassungen	Missverständnisse : Auslassungen werden falsch \ erschlossen	M1 : Kontrollfragen stellen
8. Unterschiedliches Vorwissen über Dialogsequenzen und allgemein + Auslassungen	lokales Nicht-Verstehen Durch Auslassungen versteht der andere nicht mehr	R7 : Voraussetzungen explizieren
9. Falsches Vorwissen über die Ursachen von lokalem Nicht-Verstehen + weitreichende Schlüsse daraus	Ein Partner schliesst aus dem Nicht-Verstehen einer Äusserung durch den anderen, dass dieser eine ganze Klasse von Äusserungen nicht versteht. Folge : Nicht-Verstehen durch blockieren von Fragen	R8 : Wenn Partner eine Äusserung nicht versteht, dann gilt das erst einmal nur für diese Äusserung

ANHANG D : Kommentiertes Listing des Programms

1. Der "interne" Modellbauer
2. Input/Output-Funktionen für eine Typ 6 Sprache
3. Frage/Verständnisgegenfrage : Die Lernerseite
4. Frage/Verständnisgegenfrage : Die Lehrerseite
5. Einige Hilfsfunktionen
6. Das variable Wissen über Gegenstand und Sprache

Das Programm ist in einem sehr einfachen LISP geschrieben, das ausser den in allen LISP-Varianten gängigen Funktionen kaum weitere Möglichkeiten kennt. Einige Konstruktionen mögen etwas eigenartig anmuten; sie sind zum Teil auf Eigenarten des speziellen LISP zurückzuführen (z.B. die umständliche Konstruktion mit GO), zum Teil darauf, dass ich keine systematische Schulung in Sachen Programmieren genossen habe.

Die hier aufgelistete Version verwendet eine Sprache vom Typ 4 (keine Begründung der Fragen, keine Unterscheidung zwischen Zirkel und Sackgassen). Dies, weil ich Parser und Generator nie weiter ausgebaut habe. Der Inferenzprozess ist aber voll ausgebaut und kann durch kleine Änderungen zusammen mit einem Pseudo-Parser bzw. Generator auch mit einer Sprache vom Typ 6 verwendet werden (vgl. Punkt 2).

I. Der "interne Modellbauer"

Der Inferenzprozess arbeitet als Suchprozess auf zwei Listen :

ZIELL: Liste der Subziele auf dem aktuell bearbeiteten Ast des Suchbaums.

AKTREL: Liste der Relationen, die noch nicht benutzt wurden, um Subziele zum momentan aktiven Ziel zu finden.

Da Zwischenresultate von anderen Suchprozessen, als dem aktuell laufenden, auch gebraucht werden können, werden sie ausserhalb der Rekursion gespeichert (vgl. Teil II 4.1). Dies geschieht für den Inhalt der einzelnen Zellen (Zahl oder UNBEKANNT) unter deren Namen; für Sackgassen und Zirkel auf den Listen :

SLISTE und ZLISTE (für eigene Sackgassen und Zirkel), bzw. EXSLISTE und EXZLISTE (für Sackgassen und Zirkel des Partners).

Zwei Funktionen - MERKEN und EXMERKEN - besorgen dies.

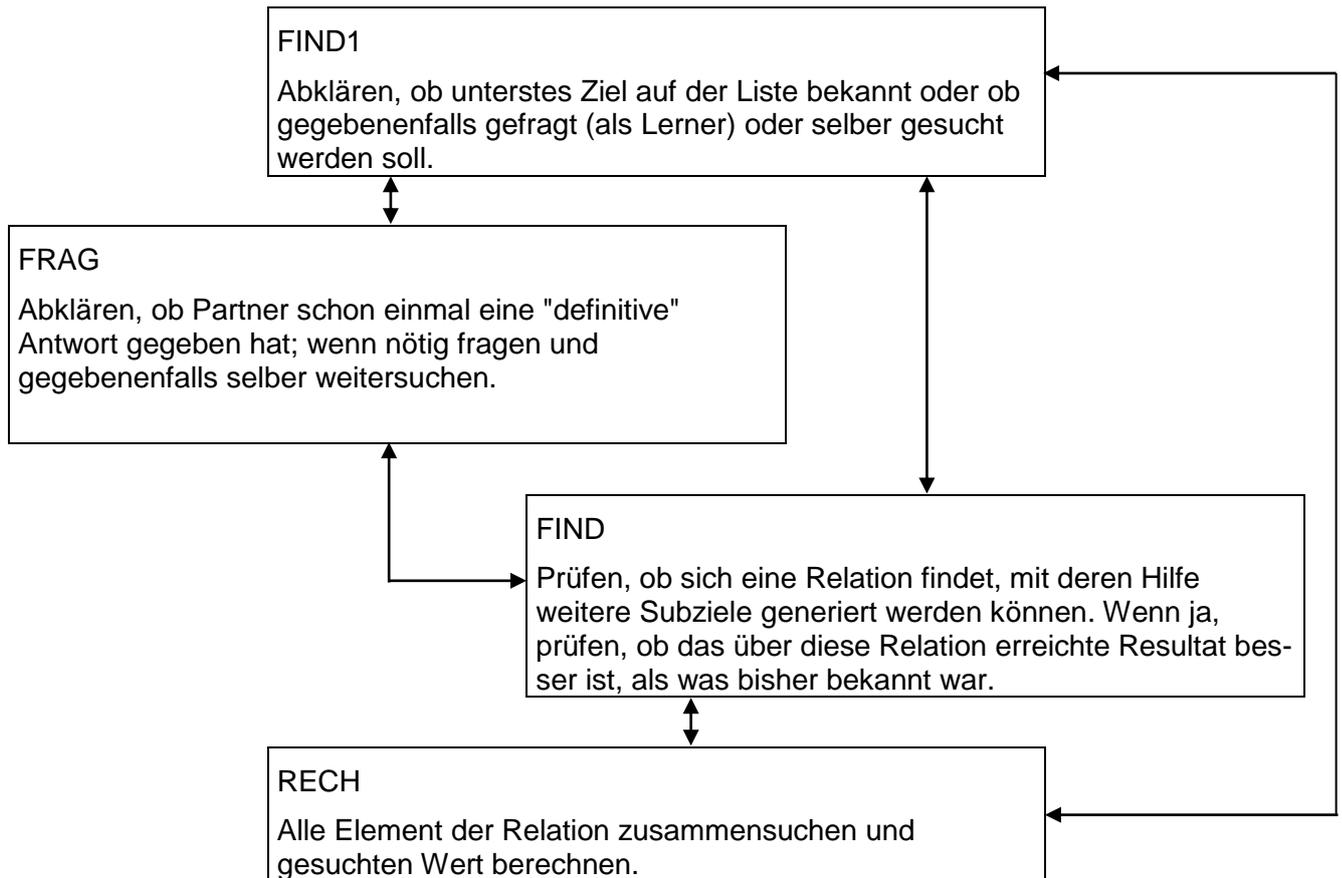
```
(MERKEN (LAMBDA (ANTWORT ZIELL)
  (COND ((NUMBERP ANTWORT) (SPEICH (CAR ZIELL) ANTWORT))
    ((EQUAL 'SACKGASSE' ANTWORT)
      (SETQ SLISTE (CONS ZIELL SLISTE)) ANTWORT)
    ((EQUAL 'ZIRKEL' ANTWORT)
      (SETQ ZLISTE (CONS ZIELL ZLISTE)) ANTWORT)
    (T ANTWORT ) )))
```

```

(EXMERKEN (LAMBDA (ANTWORT ZIELL)
  (COND ((EQUAL ANTWORT 'UNBEKANNT') ANTWORT)
        ((NUMBERP ANTWORT) (SPEICH (CAR ZIELL) ANTWORT))
        ((OR (EQUAL ANTWORT 'SACKGASSE') (NULL ANTWORT))
         (SETQ EXSLISTE (CONS (LIST (CAR ZIELL)) EXSLISTE)))
        ((EQUAL ANTWORT 'ZIRKEL')
         (SETQ EXZLISTE (CONS (CDR ZIELL) EXZLISTE)))
        (T ANTWORT) )))

```

Der Inferenzprozess läuft im wesentlichen rekursiv über die vier Funktionen FIND1, FRAG, FIND und RECH. Zur Veranschaulichung ein Flussdiagramm :



Figur D.1 : Grundfunktionen des Inferenzprozesses

```

(FIND1 (LAMBDA (ZIELL TURN )
  (COND ((NUMBERP (SUCH (CAR ZIELL))) (SUCH (CAR ZIELL)))
        ((MEMBER ZIELL SLISTE) 'SACKGASSE')
        ((MEMBER ZIELL ZLISTE) 'ZIRKEL')
        ((EQUAL TURN 'LERNER') (MERKEN (FRAG ZIELL NIL) ZIELL))
        (T (MERKEN (FIND ZIELL (EFFACE RELATION (COPY RELLISTE))
                  'UNBEKANNT' NIL)
                  ZIELL)) )))

```

```

(FRAG (LAMBDA (ZIELL ANTWORT)
  (PROGN
    (COND ((MEMBER ZIELL EXZLISTE) (SETQ ANTWORT 'ZIRKEL'))
          ((MEMBER (LIST (CAR ZIELL)) EXSLISTE)
            (SETQ ANTWORT 'SACKGASSE'))
          ((MEMBER ZIELL FRAGEN) (SETQ ANTWORT 'SACKGASSE'))
          (T (SETQ ANTWORT
                (EXMERKEN (GEN (CAR ZIELL) NIL "FRAGE ) ZIELL))))
    (COND ((NUMBERP ANTWORT) ANTWORT)
          (T (FIND ZIELL (EFFACE RELATION (COPY RELLISTE))
                    ANTWORT NIL ))) )))

(FIND (LAMBDA (ZIELL AKTREL WERT WERTI)
  (COND ((NULL (SETQ AKTREL (REST AKTREL ZIELL))) WERT)
        (T (SETQ WERTI (RECHO ZIELL (CAR AKTREL)))
            (COND ((NUMBERP WERTI) WERTI)
                  (T (FIND ZIELL (CDR AKTREL)
                                (BEST WERTI WERT) NIL))))
        )))

(RECHO (LAMBDA (ZIELL RELATION)
  (COND ((EQUAL (CAR ZIELL) (CAR RELATION))
        (RECH (QUOTE PLUS) (CDR RELATION) ZIELL 'START' NIL))
        (T (RECH (QUOTE DIFFERENCE) (EFFACE (CAR ZIELL)
        RELATION)
                ZIELL 'START' NIL) )))

(RECH (LAMBDA (OPERATION SZIELL ZIELL WERT WERTI)
  (COND ((NULL SZIELL) WERT)
        (T (SETQ WERTI (FIND1 (CONS (CAR SZIELL) ZIELL) TURN )
            (COND ((EQUAL WERTI 'SACKGASSE') 'SACKGASSE')
                  ((EQUAL WERTI 'UNBEKANNT') 'UNBEKANNT')
                  (T (RECH OPERATION (CDR SZIELL) ZIELL
                                (SCHLECHTEST OPERATION WERT WERTI) NIL))))
        )))

```

Der Suchprozess ist als Mini-Max-Algorithmus organisiert. Dies daher, da sich die Informationen, die zu einem bestimmten Feld des Zahlenquadrates gehören, in eine Rangordnung bringen lassen :

SACKGASSE < ZIRKEL < UNBEKANNT < Zahl

FIND operiert auf der MAX Ebene, d.h. versucht das Beste (BEST) zu finden, was zu einer Zelle gesagt werden kann. RECH operiert auf der MIN Ebene, d.h. was sich mit Hilfe einer Relation berechnen lässt, ist so "schlecht" wie das schlechteste Glied (SCHLECHTEST), das in die Rechnung eingeht.

```
(SCHLECHTEST (LAMBDA (OPERATION WERT WERT1)
  (COND ((OR (EQUAL 'ZIRKEL' WERT1) (EQUAL 'ZIRKEL' WERT))
    'ZIRKEL')
    ((OR (EQUAL 'UNBEKANNT' WERT1) (EQUAL 'UNBEKANNT' WERT))
      'UNBEKANNT')
    ((EQUAL WERT 'START') WERT1)
    (T (EVAL (LIST OPERATION WERT WERT1))) )))
```

```
(BEST (LAMBDA (WERT1 WERT)
  (COND ((OR (EQUAL 'UNBEKANNT' WERT1) (EQUAL 'UNBEKANNT' WERT))
    'UNBEKANNT')
    ((OR (EQUAL 'ZIRKEL' WERT1) (EQUAL 'ZIRKEL' WERT))
      'ZIRKEL')
    (T 'SACKGASSE' ) )))
```

Im Suchprozess ist notwendig, dass Zirkel bzw. Sackgassen erkannt werden. Dies besorgen SUBSUP und REST.

```
(REST (LAMBDA (AKTREL ZIELL)
  (COND ((NULL AKTREL) NIL)
    ((MEMBER (CAR ZIELL) (CAR AKTREL))
      (COND ((SUBSUP (CDR ZIELL) (CAR AKTREL))
        (COND ((EQUAL WERT 'SACKGASSE')
          (SETQ WERT 'SACKGASSE'))
          (T NIL))
        (REST (CDR AKTREL) ZIELL))
      (T AKTREL)))
    (T (REST (CDR AKTREL) ZIELL)) )))
```

```
(SUBSUP (LAMBDA (PLIST BLIST)
  (COND ((NULL PLIST) NIL)
    ((MEMBER (CAR PLIST) BLIST) (CAR PLIST))
    (T (SUBSUP (CDR PLIST) BLIST)) )))
```

Der ganze Prozess kann entweder in der Rolle des Lehrers (ANTWORTEN) oder des Lernalers (SFRAGEN) ablaufen.

```
(ANTWORTEN (LAMBDA (FRAGE ANTWORT)
  (COND ((EQUAL 'UNBEKANNT' (SETQ ANTWORT (FIND1 FRAGE
    'LEHRER'))))
    (SETQ FRAGEN (CONS FRAGE FRAGEN))
    (CONS ANTWORT FRAGE))
    (T (CONS ANTWORT FRAGE) )))
```

```
(SFRAGEN (LAMBDA (AUSKUNFT)
  (COND ((NULL FRAGEN) "SCHLUSS")
    (T (SETQ AUSKUNFT
      (CONS (FIND1 (CAR FRAGEN) 'LERNER') (CAR
FRAGEN))
      (COND ((EQUAL 'UNBEKANNT' (CAR AUSKUNFT))
        (SETQ FRAGEN (APPEND (CDR FRAGEN)
          (LIST (CAR FRAGEN)))))
        (T (SETQ FRAGEN (CDR FRAGEN)))) AUSKUNFT ) )))
```

Und die generelle Dialogsteuerung im Spiel des ständigen Rollenwechsels zwischen Lehrer-Rolle und Lerner-Rolle besorgt START. (FRAGEN ist dabei eine Liste von ZIELListen.)

```
(START (LAMBDA (FRAGEN)
  (PROG (FRAGE SLISTE EXSLISTE ZLISTE EXZLISTE RELATION ANTWORT)
    LOOP (SCHREIB NIL "META)
      (SETQ FRAGE (PARS (LESEN)))
      (COND ((NULL FRAGE) NIL)
        ((OR (EQUAL FRAGE "(!)) (EQUAL FRAGE "(SCHLUSS !)))
          (SETQ ANTWORT (SFRAGEN NIL))
          (COND ((EQUAL ANTWORT "SCHLUSS)
            (GEN ANTWORT NIL "META)
            (COND ((EQUAL FRAGE "(SCHLUSS !))
              (RETURN "ENDE))))
          (T (GEN (CADR ANTWORT) (CAR ANTWORT)
            "AUSSAGE))))
        ((EQUAL '?' (SATZZEICHEN FRAGE))
          (SETQ ANTWORT
            (ANTWORTEN (REVERSE (CDR (REVERSE FRAGE)))
              NIL))
          (GEN (CADR ANTWORT) (CAR ANTWORT) "AUSSAGE))
        (T (EXMERKEN (CADR FRAGE) (LIST (CAR FRAGE)))
          (GEN "DANKE NIL "META)))
      (GO LOOP) )))
```

2. Input/Output-Funktionen für eine Typ 6 Sprache

Ein Pseudo-Parser bzw. Generator lässt sich wie gesagt leicht in die obigen Funktionen einpassen. Damit Fragen und Antworten begründet werden, ist es notwendig, überall, wo die Funktion GEN aufgerufen wird (in FRAG und START), ihr nicht nur das (CAR ZIELL) sondern die ganze ZIELL zu übergeben. Das gleiche gilt für EXMERKEN. Konkret sind folgende Änderungen notwendig :

Einmal in FRAG (GEN (CAR ZIELL) ..) zu (GEN ZIELL ..)
 Zweimal in START (GEN (CADR ANTWORT)..) zu (GEN (CDR ANTWORT) ...)
 Einmal in START (EXMERKEN (CADR FRAGE)(LIST (CAR FRAGE)) zu
 (EXMERKEN (CAR FRAGE)(CADR FRAGE))

Folgende Funktionen übernehmen dann Input und Output :

```
(GEN (LAMBDA (SATZINHALT WERT TYP)
  (COND ((EQUAL TYP "META) (PRINT (LIST SATZINHALT "!!!))
    ((EQUAL TYP "AUSSAGE) (PRINT (CONS WERT SATZINHALT)))
    (T (PRINT (CONS "? SATZINHALT)) (READ)) )))
```

Die Funktion SATZZEICHEN aus Abschnitt 3; sowie an Stelle von (PARS (LESEN)) einfach (READ).

Syntax der Sprache :

Frage : (A B C D ?) (wobei 'A B C D' aufsteigende Zielhierarchie; 'B C D' stellen die "Begründung" der Frage 'A' dar)
 Aussage : (25 A B C) (bzw. UNBEKANNT, ZIRKEL oder SACKGASSE)
 Antwort : 25,ZIRKEL,SACKGASSE oder UNBEKANNT
 Meta : (!) oder (SCHLUSS !)

3. Frage/Verständnisgegenfrage : Die Lernerseite

Die Produktion einer Aussage oder Frage auf der Lernerseite wird durch die Funktion GEN gesteuert :

```

(GEN (LAMBDA (SATZINHALT WERT TYP)
(COND ((EQUAL TYP "META) (SCHREIB SATZINHALT "META))
(T (PROG (MFRAMES SCHLAUFEN SATZ)
      (SETQ MFRAMES (COPY FRAMES)) (SETQ SCHLAUFEN 0)
AA
      (EVAL (LIST "GO (FRAME-FINDEN)))
FRAME-VORHANDEN
      (EVAL (LIST "GO TYP))
AUSSAGE
      (EVAL (LIST "GO (AUSSAGEN)))
FRAGE
      (EVAL (LIST "GO (FRAGEN)))
VERSTANDEN
      (RETURN WERT)
NICHT-VERSTÄNDEN
      (SETQ MFRAMES (CDR MFRAMES))
      (GO AA)
KEIN-FRAME-VORHANDEN
      (COND ((EQUAL TYP "FRAGE) (RETURN "SACKGASSE))
            (T (RETURN NIL))) ))))

```

Sie erfolgt in zwei Schritten :

1. von der internen Repräsentation zur internen Sprache :
FRAME-FINDEN (FR-FIN1,FR-FIN2)
2. von der internen Sprache zur externen Sprache :
SCHREIB (SNAME,SPARA)

(Dass auch Verständnisgegenfragen bei Aussagen möglich sind, bedeutet eine Erweiterung des Dialogmodells gegenüber dem im Text entwickelten. Sie ist hier eingebaut, da sie sich im Rahmen der für die Fragen notwendigen Funktionen problemlos verwirklichen liess.)

```
(AUSSAGEN (LAMBDA ()
  (PROG (SATZ)
    REDEN
      (COND ((EQUAL SCHLAUFEN 3) (RETURN "NICHT-VERSTÄNDEN)))
      (SCHREIB (CAR MFRAMES) "AUSSAGE)
    ZUHOEREN
      (SETQ SATZ (LESEN))
      (COND ((EQUAL (CAR SATZ) "DANKE)
        (SETQ WERT NIL) (RETURN "VERSTANDEN)))
      (EVAL (LIST "GO (KLAER-PROBLEM))) )))

(FRAGEN (LAMBDA ()
  (PROG (SATZ)
    REDEN
      (COND ((EQUAL SCHLAUFEN 3) (RETURN "NICHT-VERSTÄNDEN)))
      (SCHREIB (CAR MFRAMES) "FRAGE)
    ZUHOEREN
      (SETQ SATZ (LESEN))
      (COND ((AND (LESSP (LENGTH (MEMBER (SATZZEICHEN SATZ)
        "(!' '?' ':') ) ) 2)
        (OR (NUMBERP (CAR SATZ))
          (MEMBER (CAR SATZ) "UNBEKANNT SACKGASSE ZIRKEL))))
        (SETQ WERT (CAR SATZ))
        (SCHREIB "DANKE "META)
        (RETURN "VERSTANDEN)) )
      (EVAL (LIST "GO (KLAER-PROBLEM))) )))
```

Zeigt der Partner nicht die erwartete Reaktion, so steht beiden Funktionen die Funktion KLAER-PROBLEM zur Verfügung, um mit Gegenfragen fertig zu werden.

```
(KLAER-PROBLEM (LAMBDA ()
  (PROG ()
    (COND ((NOT (EQUAL (SATZZEICHEN SATZ) "?))
      (SETQ SCHLAUFEN (ADD1 'SCHLAUFEN))
      (RETURN "REDEN)))
    (EVAL (LIST "GO (NAME-IDENTIFIZIEREN (LIST (CAR MFRAMES))))))
  NAME-NICHT-EINDEUTIG
    (SCHREIB "NEIN "META)
    (SETQ SCHLAUFEN (ADD1 SCHLAUFEN))
    (RETURN "REDEN)
  NAME-EINDEUTIG
    (COND ((MEMBER "WIEVIEL SATZ)
      (SCHREIB (CAR MFRAMES) "W-ANTWORT)
      (RETURN "ZUHOEREN))
      (T (SCHREIB "JA "META) (RETURN "ZUHOEREN))) )))
```

4. Frage/Verständnisgegenfrage : Die Lehrerseite

Als generelle Steuerung zur Entgegennahme von Fragen oder Aussagen dient PARS

```

(PARS (LAMBDA (SATZ)
(PROG (MFRAMES ALLE-H BESTE-H DÜMMY SCHLAUFEN WERT TYP)
(COND ((EQUAL (SATZZEICHEN SATZ) "!")
(COND ((MEMBER SATZ "(!) (SCHLUSS !))) (RETURN SATZ))
(T (SCHREIB "UNVERSTAENDLICH "META)
(RETURN NIL))))
(EQUAL (SATZZEICHEN SATZ) ":")
(SETQ TYP ":")
(SETQ WERT (CADR (REVERSE SATZ)))
(SETQ SATZ (REVERSE (CDDR (REVERSE SATZ)))))
(T (SETQ TYP "?")
(SETQ WERT NIL)
(SETQ SATZ (REVERSE (CDR (REVERSE SATZ)))))))
(SETQ MFRAMES (COPY FRAMES))
(SETQ SCHLAUFEN 0)
(EVAL (LIST "GO (NAME-IDENTIFIZIEREN MFRAMES)))
NAME-EINDEUTIG
(EVAL (LIST "GO (PARAMETER-IDENTIFIZIEREN)))
PARAMETER-EINDEUTIG
(RETURN (LIST DUMMY WERT TYP))
PARAMETER-NICHT-EINDEUTIG
(SETQ SCHLAUFEN (ADD1 SCHLAUFEN))
(EVAL (LIST "GO (WIEVIEL-FRAGE)))
NAME-NICHT-EINDEUTIG
(EVAL (LIST "GO (FREI-IDENTIFIZIEREN)))
GUTE-HYPOTHESE
(EVAL (LIST "GO (HYPOTHESEN-FRAGE)))
KEINE-HYPOTHESE
(SCHREIB "UNVERSTAENDLICH "META)
(RETURN NIL) )))

```

In einem ersten Schritt wird versucht, die slots mit Konstanten als Füllung zu füllen:
NAME-IDENTIFIZIEREN

```

(NAME-IDENTIFIZIEREN (LAMBDA (MFRAMES)
(PROGN
(SETQ MFRAMES (MATCH-POSITION SATZ MFRAMES "NAME))
(SETQ ALLE-H (SLOT-TEST1 MFRAMES "(NAME)))
(COND ((SETQ BESTE-H (NTH (REVERSE MFRAMES) (EINDEUTIG ALLE-H)))
"NAME-EINDEUTIG)
(T "NAME-NICHT-EINDEUTIG) ) ) )

```

Ist das eindeutig, erfolgt als zweiter Schritt das Einfüllen der Parameter:
PARAMETER-IDENTIFIZIEREN

```
(PARAMETER-IDENTIFIZIEREN (LAMBDA ()
  (PROGN
    (COND ((SETQ DUMMY (PARA-TEST (SETQ BESTE-H
      (MATCH-POSITION2 SATZ BESTE-H
        NIL))))
      "PARAMETER-EINDEUTIG)
      (T "PARAMETER-NICHT-EINDEUTIG)) )))
```

Als Hilfsfunktionen stehen dazu zur Verfügung : MATCH-POSITION, die alle Wörter des Satzes der Reihe nach durchgeht und sie mit dem entsprechenden slot paart; sowie MATCHO, die für ein spezielles Paar von Wort und slot testet, ob das Wort als filler passt.

```
(MATCH-POSITION (LAMBDA (SATZ AFRAMES TYP)
  (COND ((NULL AFRAMES) NIL)
    (T (CONS (MATCH-POSITION2 SATZ (CAR AFRAMES) TYP)
      (MATCH-POSITION SATZ (CDR AFRAMES) TYP) ))) ))
```

```
(MATCH-POSITION2 (LAMBDA (SATZ FRAME TYP)
  (COND ((OR (NULL FRAME) (NULL SATZ)) FRAME)
    (EQUAL "FIX (CADDAR FRAME))
    (CONS (CAR FRAME) (MATCH-POSITION2 SATZ (CDR FRAME)
      TYP)))
    ((AND (NULL (CAAR FRAME))
      (OR (NULL TYP) (EQUAL (CADDAR FRAME) TYP)))
      (CONS (CONS (MATCHO (CADAR FRAME) (CAR SATZ))
        (CDAR FRAME))
        (MATCH-POSITION2 (CDR SATZ) (CDR FRAME) TYP)))
    (T (CONS (CAR FRAME)
      (MATCH-POSITION2 (CDR SATZ) (CDR FRAME) TYP)
      ))))
```

```
(MATCHO (LAMBDA (TYP TOKEN)
  (APPLY (CAR TYP) (CONS TOKEN (CDR TYP) ))) )
```

Die gefüllten frames, d.h. die Hypothesen über die Bedeutung des Satzes, die sie darstellen, werden mittels SLOT-TEST und EINDEUTIG bewertet.

```
(SLOT-TEST1 (LAMBDA (AFRAMES TYP)
  (COND ((NULL AFRAMES) NIL)
        (T (CONS (SLOT-TEST2 (CAR AFRAMES) 0 0 TYP)
                  (SLOT-TEST1 (CDR AFRAMES) TYP))))))

(SLOT-TEST2 (LAMBDA (AFRAME MOEGlich GUENSTIG TYP)
  (COND ((NULL AFRAME) (VERHAELTNIS GUENSTIG MOEGlich))
        ((NOT (OR (NULL TYP) (MEMBER (CADDR AFRAME) TYP)))
         (SLOT-TEST2 (CDR AFRAME) MOEGlich GUENSTIG TYP))
        ((NULL (CAAR AFRAME))
         (SLOT-TEST2 (CDR AFRAME) (ADD1 MOEGlich) GUENSTIG TYP))
        (T (SLOT-TEST2 (CDR AFRAME) (ADD1 MOEGlich)
                       (ADD1 GUENSTIG) TYP) )))

(EINDEUTIG (LAMBDA (TLIST)
  (COND ((AND (GREATERP (BESTER TLIST) 65)
              (LESSP (ZWEITBESTER (COPY TLIST)) 51))
         (POSITION (BESTER TLIST) TLIST) )))
```

Wird ein frame eindeutig als der richtige erkannt, dann überzeugt sich PARA-TEST, ob die zugehörigen Parameter bekannt sind.

```
(PARA-TEST (LAMBDA (FRAME)
  (COND ((NOT (AND (NUMBERP (CADAR (SETQ FRAME (PARAT2 FRAME))))
                  (NUMBERP (CADADR FRAME)))) NIL)
        ((ONEP (CAAR FRAME)) (LIST (CADAR FRAME) (CADADR FRAME)))
        (T (LIST (CADADR FRAME) (CADAR FRAME)) )))

(PARAT2 (LAMBDA (FRAME)
  (COND ((NULL FRAME) NIL)
        ((EQUAL "PARAMETER (CAADAR FRAME))
         (CONS (LIST (CADADAR FRAME) (CAAR FRAME))
               (PARAT2 (CDR FRAME))))
        (T (PARAT2 (CDR FRAME)) )))
```

Ist das nicht der Fall, werden sie mit WIEVIEL-FRAGE eingeholt

```
(WIEVIEL-FRAGE (LAMBDA ()
  (PROG ()
    AA
    (COND ((EQUAL SCHLAUFEN 3) (RETURN "KEINE-HYPOTHESE)))
    (SCHREIB BESTE-H "W-FRAGE) (SETQ SATZ (LESEN))
    (COND ((LESSP (LENGTH (MEMBER (SATZZEICHEN SATZ)
                                  "(!' '?' ':')")) 2 )
           (SETQ SATZ (APPEND (SNAME BESTE-H) SATZ))
           (RETURN "NAME-EINDEUTIG) )
          (EQUAL 'SATZ " (NEIN !))
          (EFFACE BESTE-H MFRAMES)
          (SETQ SATZ (LESEN))
          (RETURN "NAME-NICHT-EINDEUTIG)))
    (SETQ SCHLAUFEN (ADD1 SCHLAUFEN))
    (GO AA) )))
```

Erweist sich kein frame als eindeutig der richtige, dann versucht FREIDENTIFIZIEREN, ob sich gute Hypothesen ableiten lassen.

```

(FREI-IDENTIFIZIEREN (LAMBDA ()
  (PROG ()
    (SETQ MFRAMES (MATCH-FREI SATZ MFRAMES))
    (SETQ ALLE-H (SLOT-TEST1 MFRAMES "(NAME OBL)))
    (COND ((SETQ BESTE-H (NTH (REVERSE MFRAMES) (EINDEUTIG ALLE-
H)))
      (RETURN "NAME-EINDEUTIG)) )
    (SETQ DUMMY (BESTER ALLE-H))
    (COND ((ZEROP DUMMY) (RETURN "KEINE-HYPOTHESE))
      (T (SETQ BESTE-H (NTH (REVERSE MFRAMES)
        (POSITION DUMMY ALLE-H)))
        (RETURN "GUTE-HYPOTHESE))) )))

```

Ihr stehen zur Verfügung : MATCH-FREI, um Wörter ohne Berücksichtigung ihrer Reihenfolge im Satz in slots zu füllen; sowie VERHAELTNIS, BESTER, ZWEITBESTER, um die Hypothesen zu bewerten.

```

(MATCH-FREI (LAMBDA (SATZ AFRAMES)
  (COND ((NULL AFRAMES) NIL)
    (T (CONS (MATCH-FREI2 SATZ (CAR AFRAMES))
      (MATCH-FREI SATZ (CDR AFRAMES)))))) ))

(MATCH-FREI2 (LAMBDA (SATZ FRAME)
  (COND ((NULL SATZ) FRAME)
    (T (MATCH-FREI2 (CDR SATZ) (MATCH-PREIS (CAR SATZ)
FRAME))))
)))

(MATCH-FREI3 (LAMBDA (WORT AFRAME)
  (COND ((NULL AFRAME) NIL)
    ((NULL (CAAR AFRAME))
      (PROG (DUMMY)
        (SETQ DUMMY (MATCHO (CADAR AFRAME) WORT))
        (COND (DUMMY)
          (RETURN (CONS (CONS DUMMY (CDAR AFRAME))
            (CDR AFRAME))))
          (T (RETURN (CONS (CONS DUMMY (CDAR
AFRAME))
            (MATCH-FREI3 WORT (CDR
AFRAME)))))))
    (T (CONS (CAR AFRAME) (MATCH-FREI3 WORT (CDR AFRAME))))
  )))

(VERHAELTNIS (LAMBDA (GUENSTIG MOEGLICH)
  (QUOTIENT (DIFFERENCE (TIMES 100 GUENSTIG)
    (REMAINDER (TIMES 100 GUENSTIG) MOEGLICH))
    MOEGLICH) ))

(BESTER (LAMBDA (LIST)
  (EVAL (CONS "MAX LIST) )))

(ZWEITBESTER (LAMBDA (LIST)
  (EVAL (CONS "MAX (EFFACE (EVAL (CONS "MAX LIST)) LIST)) )))

```

Existiert eine gute Hypothese, wird sie mit HYPOTHESEN-FRAGE überprüft.

```

(HYPOTHESEN-FRAGE (LAMBDA ()
  (PROG ()
    AA
    (COND ((EQUAL SCHLAUFEN 3) (RETURN "KEINE-HYPOTHESE)))
    (SCHREIB BESTE-H "H-FRAGE)
    (SETQ SATZ (LESEN))
    (EVAL (LIST "GO
              (COND ((OR (EQUAL (SATZZEICHEN SATZ) "!")
                           (NULL (MEMBER (SATZZEICHEN SATZ) "':' '?'))))
                "BB)
              (T (SETQ SCHLAUFEN (ADD1 SCHLAUFEN)) "AA) )))
    BB
    (COND ((EQUAL (CAR SATZ) "JA")
            (SETQ SCHLAUFEN 0) (RETURN "NAME-EINDEUTIG))
          ((EQUAL (CAR SATZ) "NEIN) (SETQ SCHLAUFEN 0)
            (EFFACE BESTE-H MFRAMES)
            (SETQ SATZ (LESEN))
            (RETURN "NAME-NICHT-
EINDEUTIG)) ) (SETQ SCHLAUFEN (ADD1 SCHLAUFEN))
    (GO AA) )))

```

5. Einige Hilfsfunktionen

Die folgenden Hilfsfunktionen verstehen sich von selbst.

```

(LESEN (LAMBDA ()
  (PROG (DUMMY)
    AA
    (PRIN1 'GAST ':')
    (SETQ DUMMY (READ))
    (COND ((NOT (ZEROP (LENGTH DUMMY))) (RETURN DUMMY)))
    (SCHREIB "UNVERSTAENDLICH "META)
    (GO AA) )))

(SATZZEICHEN (LAMBDA (SATZ)
  (CAR (REVERSE SATZ)) ))

(NTH (LAMBDA (LIST N)
  (COND ((OR (NULL LIST) (NULL N)) NIL)
        ((ONEP N) (CAR LIST))
        (T (NTH (CDR LIST) (SUB1 N)))))

(POSITION (LAMBDA (TYPE LIST)
  (LENGTH (MEMBER TYPE LIST))))

```

6. Das variable Wissen über Gegenstand und Sprache

Die bisher aufgeführten Funktionen stellen die konstante, für alle simulierten Gesprächspartner gleiche Struktur dar. Variabel eingegeben werden können einerseits das Wissen über den Gegenstand und andererseits die frames, die die Sprachverwendung bestimmen.

Das Wissen über die einzelnen Felder (d.h. UNBEKANNT oder eine Zahl) wird als array (MODEL) gespeichert. SUCH erlauben den Zugriff auf diese Werte, SPEICH ihre Modifikation.

```
(SUCH (LAMBDA (BEZEICHNUNG)
      (SELECT-ELEMENT "MODEL (CAR BEZEICHNUNG) (CADR BEZEICHNUNG))))
```

```
(SPEICH (LAMBDA (BEZEICHNUNG ANTWORT)
        (REPLACE-ELEMENT "MODEL (CAR BEZEICHNUNG) (CADR BEZEICHNUNG)
                          ANTWORT))))
```

Das Wissen über die Relationen wird in der RELLISTE verankert» z.B.

```
(SETQ RELLISTE " (
  ((1 4) (1 1) (1 2) (1 3))
  ((2 4) (2 1) (2 2) (2 3))
  ((3 4) (3 1) (3 2) (3 3))
  ((4 4) (4 1) (4 2) (4 3)) ) )
```

Jede Subliste dieser Liste wird als additive Relation interpretiert, in der das erste Element die Summe der restlichen ist. Die Relationen können beliebig viele Stellen haben.

Das im Modell variable Wissen über die Sprachverwendung ist in den von Parser und Generator verwendeten frames enthalten, die ebenfalls als Liste organisiert sind, z.B.

```
(SETQ FRAMES " (
  (NIL (NAME ELEMENT)      NAME)
  (NIL (PARAMETER 113)     OBL)
  (NIL (PARAMETER 213)     OBL))
  (NIL (NAME ZEILEN)      NAME)
  (NIL (NAME SUMME)       NAME)
  (NIL (PARAMETER 113)     OBL)
  (4   (PARAMETER 244)     FIX))
  (NIL (NAME KOLONNEN)    NAME)
  (NIL (NAME SUMME)       NAME)
  (4   (PARAMETER 144)     FIX)
  (NIL (PARAMETER 213)     OBL))
  (NIL (NAME TOTAL)       NAME)
  (4   (PARAMETER 144)     FIX)
  (4   (PARAMETER 244)     FIX)) ) )
```

Jeder frame ist als Liste seiner slots organisiert. Jeder slot ist wieder eine Liste mit drei Elementen. Das erste ist die zu füllende oder bereits gefüllte Leerstelle. Das zweite umschreibt die Bedingungen, denen der filler gehorchen muss; und das dritte den Status des slots im zweistufigen Parsing-Prozess. Die Bedingungen sind ihrerseits wieder Funktionen, hier z.B.

```
(NAME (LAMBDA (TOKEN FORM)
      (COND ((EQUAL FORM TOKEN) FORM) )))
```

```
(PARAMETER (LAMBDA (TOKEN NUMMER MIN MAX)
            (COND ((AND (FIXP TOKEN)
                       (GREATERP TOKEN (SUB1 MIN))
                       (LESSP TOKEN (ADD1 MAX)))
                  TOKEN ))))
```

Anhang E: Die Gebrauchsanweisung

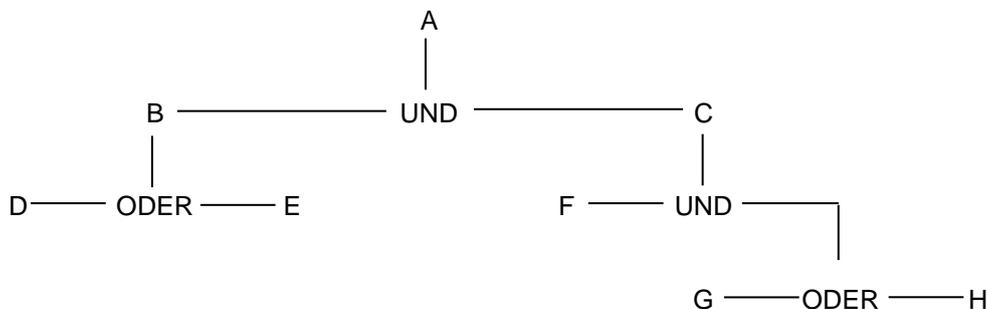
EINIGE KOMMUNIKATIONSREGELN

Die folgenden Regeln sind für Situationen gedacht, in denen zwei Gesprächspartner versuchen, gemeinsam ein Problem zu lösen.

Sie gehen davon aus, dass sich das Problem als Lücke im Wissen einer der beiden oder auch beider Gesprächsteilnehmer zeigt. Das oberste Ziel des Gesprächs ist es also, diese Lücke zu füllen. Meistens ist das nicht direkt möglich (sonst wäre es ja kein Problem), sondern aus dem Hauptziel ergeben sich Subziele etwa in der Form "Wenn wir das und das und jenes wissen würden, dann könnten wir das Hauptproblem lösen". Und diese Teilziele zerfallen dann oft wieder in weitere Subziele etc.. Dabei ist die Gefahr gross, dass man die Übersicht verliert. Darum als erste Regel:

1. Wichtig ist eine gute Notation der Ziel/Subziel-Hierarchie. Am besten benutzt man einen UND/ODER-Baum.

Mit einem UND/ODER-Baum ist folgendes gemeint: Manchmal muss man zur Erreichung eines Ziels alle Subziele erreichen, also etwa "Damit ich A weiss, muss ich B UND C wissen"; manchmal genügt aber auch eines allein "Damit ich D weiss, muss ich E ODER F wissen". Diese Zusammenhänge kann man sich nun recht übersichtlich in Form eines Baums aufzeichnen, an dessen Spitze das Hauptziel steht. Z.B.



Neue Subziele können im Gespräch auftreten als:

- Direkt als solche, z.B. "Dazu müsste ich X wissen".
- Fragen eines Gesprächspartners an den anderen, z.B. "Weisst du x?"
- Vermutungen eines Gesprächspartners, z.B. "Gilt da nicht X?"
- Aussagen eines Gesprächspartners, von denen nicht klar ist, ob der andere sie als gesichertes Wissen akzeptiert.

Egal in welcher Form sie auftreten, es ist v.a. folgendes wichtig:

2. Bei jedem neuen Subziel muss für beide Partner genau klar sein, über welche Zwischenziele dieses neue Subziel mit dem Hauptziel verbunden ist.

Denn sonst ist es ja gar nicht möglich den Baum zu zeichnen. Das ist v.a. dann wichtig, wenn die beiden Partner zur gleichen Zeit zwei verschiedene Ideen verfolgen. Darum auch:

3. Bei jeder Äusserung eines Partners muss klar sein, zu welchem Subziel sie gehört.
4. Jedes von einem der beiden Partner ins Spiel gebrachte neue Subziel muss früher oder später aufgenommen und weiterverfolgt werden; keiner hat das Recht, eine Idee des anderen zu zensurieren.

Punkt 4 ist wichtig, damit keine Möglichkeit verpasst wird, zum Ziel zu gelangen. Manchmal stellt ein Partner "unsinnige" Fragen, bei der dem anderen zwar klar ist, zu welchem übergeordneten Ziel sie ein Subziel sein soll (notwendig nach Regel 2), bei der er aber nicht ganz sieht, warum diese als Subziel zur Erreichung des anderen Ziels etwas beitragen kann. Dann ist es oft einfacher, ihm das einfach zu glauben, d.h. sein Subziel aufzunehmen, als ihn zu einer Erklärung zu zwingen, die er vielleicht gar nicht verständlich machen kann, obwohl seine Idee richtig ist.

Im Prinzip kann sich jedes Subziel zu einem bestimmten Zeitpunkt des Gesprächs in einem von drei "Zuständen" befinden. Entweder sind sich die Partner einig, dass das Ziel erreicht ist; oder das Ziel

ist noch nicht erreicht, aber mindestens einer der beiden sieht noch eine Möglichkeit, wie man es erreichen konnte; oder dann sind sich die beiden Partner einig darüber, dass ihr Wissen nicht ausreicht, um das Ziel - überhaupt oder innerst nützlicher Frist - zu erreichen. Damit ganz klar ist, wo überhaupt noch am Problem weitergearbeitet werden kann und muss, ist deshalb wichtig :

5. Zu jedem Zeitpunkt des Gesprächs muss für- beide Partner klar sein, welche Subziele als erreicht gelten (bekannt); bei welchen Subzielen zumindest einer der Partner noch Möglichkeiten sieht, sie herauszufinden (vorläufig unbekannt); und bei welchen sie keine solche Möglichkeiten mehr sehen (definitiv unbekannt).

Damit keine Möglichkeiten vergessen werden, zum Ziel zu gelangen, empfiehlt es sich, noch folgende Regeln zu beachten :

6. Muss irgendein Ziel in Subziele expandiert werden, dann ist es gut, wenn beide Partner, bevor man sich einem der Subziele zuwendet, zuerst angeben, welche möglichen Subziele/Subzielkombinationen sie überhaupt sehen.
7. 7. Beim Zurückverfolgen der Konsequenzen eines "definitiv unbekannt" ist es gut, bei jedem Ziel, das dadurch auch "definitiv unbekannt" wird, genau zu prüfen, ob man nicht noch mögliche andere Subziele vergessen hat.

Neben der Befolgung dieser Regeln, die v.a. die Suche nach der Lösung steuern, ist es natürlich ebenfalls wichtig, die Brauchbarkeit der Antworten, die man auf jedes Subziel findet, zu prüfen; denn manchmal sind Antworten nur vermeintliche Antworten und lösen gar nicht das Problem, das zu dem bestimmten Subziel gehört. Damit sich die Effekte solcher unbrauchbarer Antworten nicht von Subziel zu Subziel weiterschleppen, ist darum wichtig :

8. Bei jeder Antwort muss sofort geprüft werden, ob sie tatsächlich das Problem löst, das sie lösen sollte.

Mit Hilfe dieser Regeln sollte es im allgemeinen möglich sein, bei Problemen, die sich in einer einzigen "Sitzung" lösen lassen, zu einem klaren Ende zu kommen. Dieses Ende kann die gesuchte Lösung oder aber auch die Einsicht sein, dass es beim jetzigen Wissensstand keine solche Lösung gibt. Sie sollten also verhindern, dass man das Gespräch erfolglos abbrechen muss mit dem unguuten Gefühl, dass man aneinander vorbeigeredet hat.

ANHANG F : Inhaltsanalytische Kategorien zur Regelanwendung

1. Äusserung : Alles, was einer der Partner während eines turns sagt.
2. Analyseeinheit : Als Analyseeinheit werden Propositionen verwendet. Man gewinnt sie, indem man die Äusserungen in einfache Sätze mit einem Subjekt und einem Prädikat (ein Verb plus ein bis zwei Objekte) zerlegt.
3. Jede Einheit, die sich nicht direkt inhaltlich auf die Aufgabe bezieht (also z.B. explizite Planungsschritte), ist eine Metaeinheit. Im folgenden meint "Einheit" immer "Nicht-Metaeinheit".
4. Jede Einheit, die von den beiden Partnern offensichtlich als gesichertes Wissen akzeptiert wird, ist eine Aussage/Antwort.
5. Alle anderen Einheiten sind Fragen.
6. Begründete Frage :
 - a) explizit : trivial
 - b) implizit : Ein direkter Zusammenhang zu der vorangehenden Äusserung einer der beiden Partner ist erkennbar.
7. Frage aufnehmen :
 - a) explizit : trivial
 - b) implizit : - direkte Antwort auf die Frage
- begründete Frage als Reaktion auf die Frage
8. Unterscheiden zwischen UNBEKANNT und SACKGASSE
 - a) explizit : trivial
 - b) implizit : Anschluss-Frage wie Punkt 5
9. Rückbezug auf alte Frage nur explizit : trivial
10. Mögliche Subziele aufzählen nur explizit : trivial
11. Sackgasse zurückverfolgen nur explizit : trivial

ANHANG G : Versuchsplanerische Überlegungen zum direkten Vergleich von "mit Regeln" und "ohne Regeln"

1. Versuchsdurchführung
2. Störfaktoren
3. Statistische Überlegungen

1. Versuchsdurchführung

1. Versuchsplan
2. Allgemeine Instruktion
3. Trainingsphase
4. Problemphase

1.1 Versuchsplan

Der Versuchsplan war ein ganz einfacher experimenteller Plan mit einer Kontrollgruppe (Paare die nichts von den Regeln hören) und einer Experimentalgruppe (Paare, die auf die Regeln trainiert werden). Der Ablauf gliederte sich in zwei Teile zu je etwa zwei Stunden, nämlich in eine "Trainingsphase" und in die eigentliche Aufgabe. Zwischen den beiden Teilen lagen für alle Paare zwischen fünf und sieben Tagen.

Jede Gruppe bestand aus fünf Paaren (alles Psychologiestudenten). Diese Gruppengrösse wurde rein pragmatisch festgelegt. Einerseits war ich nur an Effekten interessiert, die so deutlich sind, dass sie sich auch bei kleinen Stichproben nachweisen lassen. Und zum zweiten vermutete ich, dass sich sowieso schon nach wenigen Paaren zeigen würde, dass und wo das Training Schwächen aufweist.

1.2 Allgemeine Instruktion

Wie bisher in allen Fällen wurden auch hier die Teilnehmer in der Experimentalgruppe vollständig über die Stellung dieser Untersuchung im Rahmen der gesamten Arbeit und über den Versuchsplan informiert. Das beinhaltete auch, dass ich sie vor jeder Aufgabe darauf hinwies, dass die Resultate für mich nur dann von Nutzen sind, wenn die Teilnehmer wirklich versuchen, sich an die Regeln zu halten.

Bei der Kontrollgruppe musste ich leider von dieser Praxis abweichen, da hier eine solch vollständige Information auch den Effekt haben könnte, dass die Teilnehmer schlecht motiviert sind, das Problem überhaupt zu lösen. Sie wurden deshalb nur darüber informiert, dass ich mich mit Kommunikationsverhalten und Problemen auf der kognitiven Ebene beschäftige, dass sie nun drei verschiedene Problemgespräche führen werden (ein Spiel, eine relativ unstrukturierte Situation und eine Situation mit einem klaren Ziel) und dass ich ihre Probleme und Verhaltensmuster zwischen den drei Situationen und natürlich mit dem anderer Paare vergleichen möchte.

1.3 Trainingsphase

Eine ausführliche Beschreibung des Trainings der Experimentalgruppe findet sich in Teil III (3.3.2).

Um vergleichbare Bedingungen zu erhalten, führte ich auch bei der Kontrollgruppe eine Trainingsphase durch. Der Ablauf war im wesentlichen der gleiche, ausser dass natürlich die Instruktion der Regeln sowie meine Interventionen wegfielen. In den Reflexionsphasen bat ich sie einfach, sich darüber zu unterhalten, welche Strategien sich als nützlich erwiesen hätten. Kamen sie bei der zweiten Aufgabe wesentlich vor dem Ablauf der zwei Stunden zu einer Lösung, dann bat ich sie auch hier, nun das gefundene Problem noch zu bearbeiten, da ich noch etwas wenig Daten hätte, weil sie so schnell zur Lösung gelangt waren.

1.4 Problemphase

Da bei Psychologiestudenten damit zu rechnen war, dass sie bei einer Mathematikaufgabe zumindest anfänglich Motivationsschwierigkeiten haben würden, versuchte ich, sie zuerst etwas zu motivieren. Ich wies sie v.a. daraufhin, dass meine bisherigen Erfahrungen gezeigt hätten, dass man

sich an erstaunlich viel aus der Schulzeit erinnert, wenn man das Problem zu zweit anzugehen versucht.

War ich sicher, dass das Paar bereit war, ein solches Problem zu bearbeiten, erkundigte ich mich, ob sie sich erinnerten, in der Schule das Differenzieren behandelt zu haben. Bei einem für die Kontrollgruppe vorgesehenen Paar war das nicht der Fall. Es erhielt eine andere Aufgabe und wird in der Auswertung nicht berücksichtigt. Bei einem Paar der Experimentalgruppe waren sich beide nicht ganz sicher. Ich bat sie, das Problem trotzdem zu versuchen.

Die eigentliche Aufgabenstellung erfolgte dann mündlich. Sie lautete :

"Wie ihr euch wahrscheinlich erinnert, ist die Ableitung der Funktion y^x die Funktion y'^x . Das ist ja ein Spezialfall der allgemeinen Regel, dass die Ableitung einer Funktion $y=x^a$ gleich der Funktion $y's^a x^{a-1}$ ist. Der allgemeine Fall interessiert uns nicht, der ist etwas zu kompliziert. Was ich mochte, ist, dass ihr zeigt, dass der Spezialfall, also $y=x^2$ gibt $y'=2x$, tatsächlich stimmt."

Nachdem ich mich vergewissert hatte, dass die Aufgabe verstanden war, folgte der Hinweis auf die Möglichkeit, Fragen zu stellen : "Ich möchte euch hier ja nicht frustrieren, und da es sein kann, dass ihr zuwenig wisst, um das Problem zu lösen, habt ihr die Möglichkeit, an mich eine beliebige Anzahl Fragen zu stellen. Allerdings gibt es eine Einschränkung : Ihr müsst alle Fragen auf einmal stellen, d.h. ihr habt die Möglichkeit, einmal im Verlauf des Gesprächs ein Paket von Fragen bei mir abzugeben, und ich werde sie dann beantworten. Natürlich sollten die Fragen nicht so allgemein sein, wie etwa 'Wie geht die Lösung ?'. Ihr solltet etwas gezielter fragen; grob gesagt, etwa so, dass ich jede Frage mit einem Satz beantworten kann."

Ich bat sie dann anzufangen und machte in der Experimentalgruppe nochmals darauf aufmerksam, dass mir das ganze nur etwas nutzt, wenn sie sich an die Regeln hielten. Die Kontrollgruppe instruierte ich, dass sie wirklich versuchen sollten, zur Lösung zu kommen, d.h. dass für mich nicht nur der Prozess, sondern auch, ob sie zum Ziel gelangten, wichtig sei.

Nach eineinhalb bis eindreiviertel Stunden waren die Paare jeweils entweder bei der Lösung angelangt oder so demotiviert, dass sie aufgaben. Dann demonstrierte ich jeweils die übliche Herleitung (Übergang von der Sekantensteigung zur Tangentensteigung) und fragte sie, ob sie sich erinnern könnten, diese Herleitung gesehen zu haben.

2. Störfaktoren

1. Vorwissen
2. Motivation
3. Versuchsleitereffekte

Neben der Anwendung der Regeln könnten v.a. zwei Faktoren einen Einfluss darauf haben, ob ein Paar zu einer Lösung gelangt oder nicht; nämlich ihre Motivation und ihr Vorwissen. Wenn auch zu hoffen ist, dass sich bei einer zufälligen Aufteilung der Paare auf die beiden Gruppen diese Einflüsse aufheben, lohnt es sich sicher, post hoc nachzuprüfen, ob dies auch der Fall war. Ebenfalls ist das Experiment durch seine Anlage offen für verschiedenste Versuchsleitereffekte.

2.1 Vorwissen

Beim Vorwissen sind es wohl v.a. zwei Punkte, die entscheidend sein dürften, nämlich erstens, wie gut der hier betroffene Stoff in der Schule gelernt und beherrscht wurde, und zweitens, wie lange das schon her ist. Da Differenzieren Maturastoff ist und sich wohl alle Studenten noch gut an das Datum ihrer Matura erinnern können, ist es kein Problem, die zweite Grosse reliabel zu erheben. Die erste Grosse ist etwas schwieriger zu erfassen. Da aber angenommen werden darf, dass Psychologiestudenten im allgemeinen in Mathematik nur das Nötigste gelernt haben, geht es v.a. darum, allfällige "positive" Ausnahmen zu erkennen. Diese sollten durch ihre Mathematiknote identifizierbar sein, so dass sich als Mass für die zweite Grosse die Mathematiknote zur Zeit des "Differenzierens" anbietet.

Natürlich war es zum vornherein nicht absolut auszuschliessen, dass Teilnehmer auftauchen wurden, die entweder nie Differenzieren gelernt hatten oder denen nie eine Herleitung gezeigt wurde. Der erste Fall dürfte einigermaßen reliabel erhebbbar sein, so dass es kein Problem darstellt, solche Personen auszuschliessen; was dann auch, wie schon erwähnt, bei einem Paar, das für die Kontrollgruppe vorgesehen war, geschah. Im zweiten Fall dagegen dürfte die Erinnerung nicht so verlässlich sein. Im Sinne eines "konservativen" Versuchsplans beabsichtigte ich deshalb

Personen, die sich nicht daran erinnern konnten, eine Herleitung gesehen zu haben, nur in der Kontrollgruppe, nicht aber in der Experimentalgruppe auszuschliessen. Ein Paar verblieb deshalb in der Experimentalgruppe (wie oben erwähnt), obwohl beide Partner ziemlich sicher waren, nie eine Herleitung gesehen zu haben.

Für die verbleibenden Paare finden sich die Mittelwerte der beiden Vorwissensvariablen in Tab. H.1; ebenso die Minima und Maxima der Mittelwerte pro Paar :

Tabelle H.1 : Vorwissen aufgeschlüsselt nach erfolgreichen und erfolglosen Paaren

	Experimentalgruppe		Kontrollgruppe
	erfolgreiche	erfolglose	erfolglose
Jahre seit Schulzeit	4.5 (3 - 5)	4 (1 - 8)	5 (1 - 11)
Schulnote	4 (3.5 - 4.5)	3.8 (3.0 - 4.5)	3.95 (3.0 - 4.5)

(Die Mediane betragen für alle sechs Grössen genau 4)

Bei den Schulnoten findet sich so gut wie kein Unterschied zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe. Bei der Zeit, die seit der letzten Auseinandersetzung mit dem behandelten Problem verstrichen ist, besteht eine Differenz von 0.8 Jahren zu Gunsten der Experimentalgruppe. Dieser Unterschied ist in Anbetracht der absolut verstrichenen Zeit wohl kaum gedächtnispsychologisch relevant. Zudem liegt in der Experimentalgruppe gerade bei den Erfolgreichen der Stoff etwas weiter zurück als bei den Erfolglosen. Es scheint also die Annahme berechtigt, dass Vorwissensunterscheide, soweit sie durch diese beiden Variablen erfasst werden können, keine Rolle gespielt haben.

2.2 Motivation

Ein geeignetes Mass für die Motiviertheit zu Beginn der Aufgabe zu finden, scheint mir nicht möglich. Ein bisschen aushelfen kann hier allerdings auch die Mathematiknote, da sie erlaubt ausgesprochene Mathematikliebhaber, bei denen eine überdurchschnittliche Motivation zu erwarten wäre, festzustellen. Wie oben dargestellt, finden sich hier keine Unterschiede.

Denkbar wäre, dass aufgrund der unterschiedlichen Instruktion (und Versuchsleitereffekten) die Paare der Kontrollgruppe systematisch schlechter motiviert sind als die Paare der Experimentalgruppe. Aufgrund der bisherigen Beobachtungen würde ich den Effekt, den ein solcher Motivationsunterschied zur Folge hätte, für eher gering halten. Die bisher beobachteten "ungeregelten" Paare waren sicher alle sehr motiviert und arbeiteten z.T. wirklich konzentriert lange gerade am "Ableitungsproblem", ohne dass sie einer Lösung auch nur nahe gekommen wären'. Ich versuchte zudem, dem Motivationseffekt etwas gegenzusteuern, indem man in der Kontrollgruppe, aber nicht in der Experimentalgruppe, in der Problemphase betonte, dass ich wirklich daran interessiert bin, dass sie eine Lösung finden. Alle Paare der Kontrollgruppe gaben dann auch am Ende des Versuchs an, dass sie selbstverständlich auf eine Lösung hingearbeitet hätten, wogegen in der Experimentalgruppe ein Paar glaubte, es sei für mich unwichtig, ob sie zu einer Lösung gelangten oder nicht.

2.3 Versuchsleitereffekte

Die gewählte Versuchsdurchführung ist dadurch, dass ich in allen Punkten (v.a. Training und Beantwortung der Fragen) als Versuchsleiter wirkte, sicher für jede Menge Versuchsleitereffekte offen. Denkbar wäre einmal eine Beeinflussung der Motivation durch Instruktion und Trainingsphase. Und zweitens eine unterschiedliche Beantwortung der Fragen je nach Gruppe. Beide Einflüsse können nicht ausgeschlossen werden, zumal alle Paare von der Möglichkeit, Fragen zu stellen, Gebrauch gemacht haben.

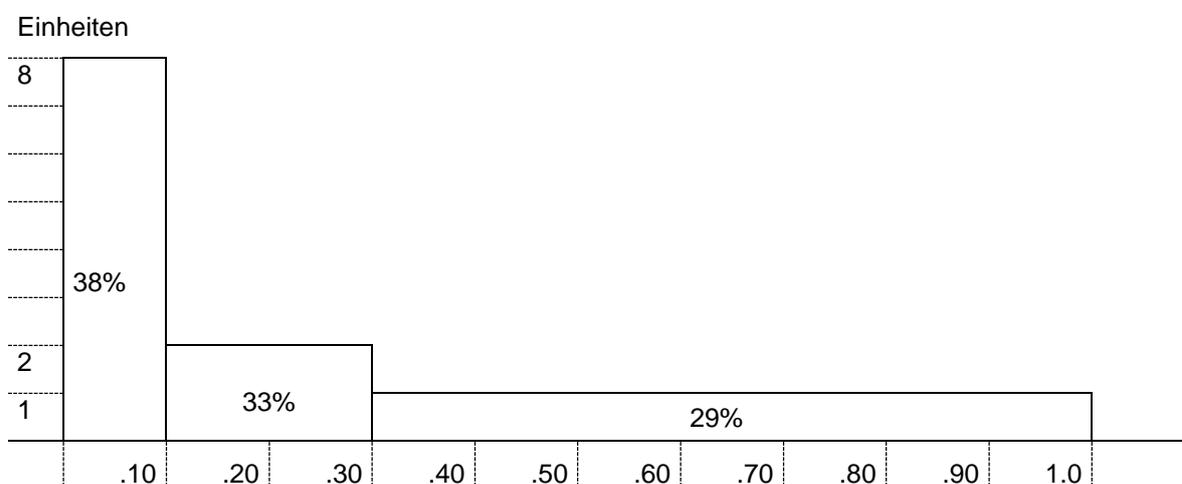
Dass ich allerdings den möglichen Effekt eines Motivationsunterschiedes nicht für sehr gross halte, habe ich oben schon begründet. Und ich glaube auch, dass die Unterschiede im Verhalten zwischen den beiden Gruppen auch belegen, dass auch der Effekt einer Beeinflussung durch die Beantwortung der Fragen nicht sehr gross wäre, da die Paare der Kontrollgruppe auch mit sehr "wohlwollenden" Antworten ihre Aufgabe nicht hätten lösen können (vgl. Teil III, 3.3.3.2.1).

3. Statistische Überlegungen

Zur Absicherung der Resultate gegen zufallsbedingte Effekte brauchen wir eine inferenzstatistische Analyse der Daten. Da mit der verwendeten Aufgabe bereits einige Erfahrungen vorliegen, auf die ich bei dieser Überprüfung sinnvollerweise nicht verzichten möchte, drängt sich eine "Bayes-Analyse" mit einer informativen Prioriverteilung auf (vgl. etwa Kleiter.1980)•

Als statistisches Modell bietet es sich an anzunehmen, dass sich in beiden Gruppen das Auftreten von Paaren, die die Aufgabe lösen können, als Bernoulli-Prozess beschreiben lässt. Wobei die Erfolgswahrscheinlichkeiten in den beiden Gruppen gleich oder unterschiedlich sein können.

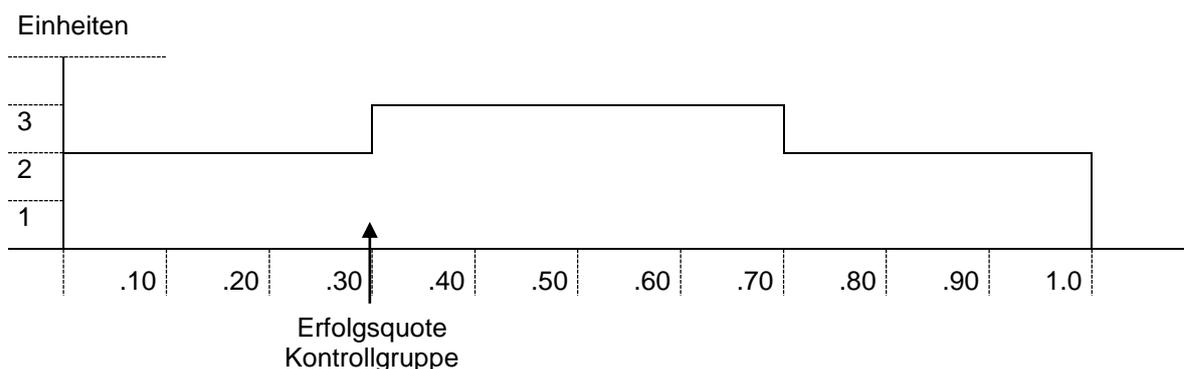
Für die Prioriverteilung der Gruppenparameter lassen sich folgende Überlegungen anstellen: Bei der Kontrollgruppe wurde ich aus langjährigen Erfahrungen mit dem mathematischen Wissen von Psychologiestudenten und den Resultaten aus den oben beschriebenen Beobachtungen annehmen, dass praktisch kein Paar die Aufgabe lösen kann, dass also die Erfolgswahrscheinlichkeit dort höchstwahrscheinlich kleiner als 10% ist. Eine Erfolgswahrscheinlichkeit zwischen 10% und 30% möchte ich allerdings nicht ganz ausschliessen, darüber hingegen dürfte sie kaum liegen. Diese Verhältnisse lassen sich z.B. durch folgende Dichteverteilung einfangen :



Figur H.1 : Prioriverteilung der Erfolgsquoten in der Kontrollgruppe

D.h. ich nehme an, dass die Wahrscheinlichkeitsdichte für eine Erfolgsquote zwischen 0 und 10% viermal so gross ist, wie für eine Erfolgsquote zwischen 10% und 30%, und achtmal so gross, wie für eine solche über 30%. Wie man sieht, entspricht das je etwa einer Wahrscheinlichkeit von einem Drittel, dass die Erfolgsquote zwischen 0 und 10%, resp. zwischen 10% und 30%, resp. zwischen 30% und 100% liegt. Das überschätzt die zu erwartenden Leistungen der Kontrollgruppe wahrscheinlich stark, entspricht in unserem Zusammenhang also eher einer konservativen Schätzung.

Für die Experimentalgruppe darf nach den bisherigen Erfahrungen angenommen werden, dass sie durch die Anwendung der Regeln sicher nicht behindert werden, d.h. dass ihre Erfolgsquote sicher nicht kleiner ist als die der Kontrollgruppe. Allerdings scheint es mir auch aufgrund bisheriger Erfahrungen mit Psychologiestudenten unwahrscheinlich, dass die Erfolgsquote höher als 70% werden kann. Am wahrscheinlichsten sind also für die Kontrollgruppe Erfolgsquoten zwischen dem Wert der Erfolgsquote bei der Kontrollgruppe und 70% zu erwarten. Diese Erwartung lässt sich z.B. durch folgende Dichteverteilung einfangen :



Figur H.2 : Prioriverteilung der Erfolgsquoten in der Experimentalgruppe

D.h. ich würde erwarten, dass die Erfolgsquote der Kontrollgruppe mit einem Verhältnis von 3/2 eher über der der Kontrollgruppe, aber unter 70%, liegt.

Für die zweidimensionale Dichte-Verteilung für Erfolgsquoten ergibt das folgendes Bild (wieder in willkürlichen Einheiten):

		Erfolgsquote Experimentalgruppe (Q(exp))										
		.00	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.0
K	.10	8	8	12	12	12	12	12	8	8	8	8
0	.20	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2
n	.30	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
t	.40	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1	1	1	1
r	.50	1	1	1	1	1	1	1.5	1	1	1	1
0	.60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
l	.70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
l	.80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g	.90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
•	1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figur H.3 : Zweidimensionale Prioriverteilung der Erfolgsquoten

Diese Verteilung bedeutet, dass wir dafür, dass das Resultat über der Diagonalen liegt, d.h. dass die Erfolgsquote der Experimentalgruppe grosser ist als die Erfolgsquote der Kontrollgruppe, eine Prioriwahrscheinlichkeit von ca. 73% einsetzen.

Es waren nun von den fünf Paaren der Experimentalgruppe zwei erfolgreich (40%), von den fünf Paaren der Kontrollgruppe keines (0%). Als Posterioriverteilung der Wahrscheinlichkeitsdichten ergibt sich deshalb (wieder in willkürlichen Einheiten) :

		Erfolgsquote Experimentalgruppe (Q(exp))										
		.00	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.0
K	.00	0	17	70	106	119	107	79	30	12	2	0
o	.10	0	10	42	63	70	63	47	18	7	1	0
n Q	.20	0	3	8	17	19	18	13	5	2	0	0
t (	.30	0	1	4	6	10	9	7	3	1	0	0
r k	.40	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0
o o	.50	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
l n	.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
l t	.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g)	.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur H.4 : Zweidimensionale Posterioriverteilung der Erfolgsquoten

Die neue Dichteverteilung lässt erkennen, dass die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Erfolgsquote der Experimentalgruppe über der der Kontrollgruppe liegt (d.h. dass eine Parameterkombination oberhalb der Diagonalen vorliegt), auf 98% gestiegen ist. Diese Aussage lässt sich noch verschärfen. Sucht man eine Linie parallel zur Diagonalen, so dass die Wahrscheinlichkeit für Parameterkombinationen oberhalb dieser Linie 95% beträgt, dann erhält man ziemlich genau die Linie $Q(\text{exp})=Q(\text{kont})+0.05$. D.h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Erfolgsquote in der Experimentalgruppe mindestens 5% grösser ist, als in der Kontrollgruppe, beträgt 95%.

ANHANG H : Die Spiele

1. Spielanleitung
2. Acht ausgewählte Spiele

1. Spielanleitung

Die folgenden acht Spiele sind Papier-und-Bleistift-Spiele für zwei Spieler.

Jeder der Spieler erhält einen der beiden zusammengehörigen Spielpläne. Jeder der Spielpläne besteht aus einem 9*9 oder 25*25 Zahlen-Quadrat. Bei den Spielplänen des gleichen Spiels stehen jeweils bei beiden die gleichen Zahlen in den gleichen Feldern, d.h. die zwei Spieler haben die gleichen Zahlen-Quadrate vor sich. Nur fehlen jedem der beiden Spieler andere Zahlen, d.h. sind andere Felder auf seinem Plan leer.

Die einzelnen Felder der "Quadrate" sind mit "A1", "A2", "B1", "B2"» etc. bezeichnet. Bei den vielen Quadraten sind die einzelnen Felder ähnlich wie auf einem Schachbrett angeschrieben, wobei mit den Buchstaben immer horizontale Reihen auf den Plänen bezeichnet sind. Bei einigen Spielen beziehen sich die Buchstaben aber nicht auf horizontale Reihen, sondern auf andere Teilgebiete des Zahlen-Quadrates, nämlich auf kleine Quadrate (Pläne 2B, 4A, 5A, 6A, 7A und 8A) oder Dreiecke (3A.4B und 5B). Wie die Felder innerhalb dieser kleinen Quadrate oder Dreiecke nummeriert sind, was als z.B. im Quadrat "A" jeweils "A1","A2", etc. ist, ist bei den entsprechenden Plänen jeweils in einem kleinen Plänchen festgehalten. (Achtung : Auch wenn die beiden Pläne eines Spiels ganz unterschiedlich aussehen, entspricht doch immer dem "A5" auf dem einen Plan das "A5" auf dem anderen Plan.)

Zwischen den einzelnen Feldern eines Quadrates bestehen Zusammenhänge, die durch Pfeile dargestellt sind. Diese Pfeile bedeuten, dass man, wenn man die Zahlen, die auf dem Schaft des Pfeils liegen, zusammenzählt, die Zahl erhält, auf die der Pfeil zeigt. Die Pfeile auf den beiden Plänen eines Spiels sind im allgemeinen nicht die gleichen, d.h. jeder Spieler kennt etwas andere Zusammenhänge.

Jeweils auf dem Plan des Spielers A ist ein Feld mit einem Fragezeichen markiert. Ziel des Spiels ist es, die Zahl, die in dieses Feld gehört, aus der Information, über die beide Spieler verfügen, zu berechnen. Zu diesem Zweck dürfen sich die Spieler über alles unterhalten, was sie nur wollen (z.B. welche Zahlen in welchem Feld stehen, welche Zusammenhänge bekannt sind, wie man vorgehen will, etc.). Sie dürfen sich nur nie gegenseitig ihre Spielpläne zeigen.

Wenn Sie nun also ein Spiel versuchen wollen, kopieren Sie sich eines heraus, suchen Sie sich einen Partner (unbedingt notwendig, denn der Reiz der Spiele liegt im Gespräch), geben Sie jedem einen Spielplan und los geht's. Viel Spass! Übrigens, alle Spiele haben eine Lösung.

Noch eine Anmerkung zu den Spielen 6 bis 8. Pfeile sehen dort z.B. so aus : "4 - 5 - - 3 > 18". Wahrscheinlich werden Sie anfänglich etwas Mühe haben, sich dabei zurechtzufinden, das verschwindet aber bald, wenn Sie die Pläne nicht nur von weitem betrachten, sondern sich an die Lösung der Aufgabe machen. Aus Platzgründen fehlt jeweils die Angabe, wie die Felder nummeriert sind; die Nummerierung ergibt sich analog z.B. zum Plan 2B.

2. Acht ausgewählte Spiele

Es folgen nun die Spielpläne von acht Spielen. Zu jedem Spiel gehören zwei Spielpläne A und B

1 A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	8	←		2		4	2	→	29
B	64	3	4	57		3	2	3	
C			22			3	22		11
D		↓28		7	31	7	8	8	
E	3	9		?	5				
F		10		↓	12		1	3	13
G	2	13	1	2		5	37		2
H			7		←24		12		
I		4		16	1	52		↓13	

1 B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	8		4				2		
B		3			15		2		8
C	3		22						
D		28		7	31	7			
E		9						16	
F			10	23		5			
G		13		2	9		37	7	
H		2							11
I	3				1		14		25

2 A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1		↓					↓	
B	2	→		→		6		4	
C			↓ 3	17	17	←		8	
D					3	?		↓	3
E	15	↑		3	↑		28	↓	2
F	4				1			1	↑
G	5				10				6
H			3	→		13	←	4	
I		11				3			2

2 B

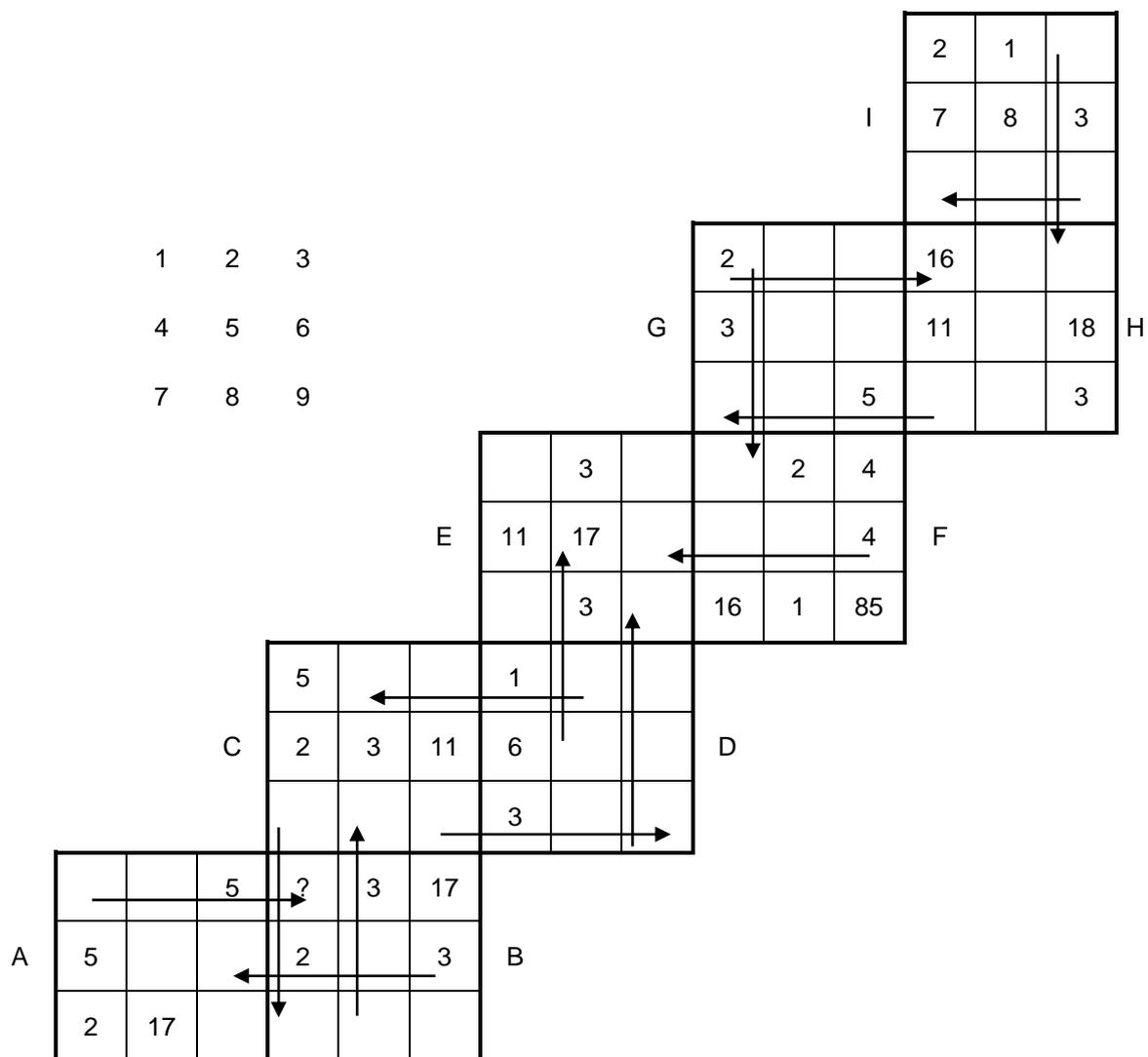
	A	B	C						
	1	2		2					
A			12	4	17	17		C	
	6				3				
		4	15				2		
D	3				28	1	5	8	F
					2		13		
	16		6				11		
G	3			8				3	I
						7			
	G	H	I						

1	2	3
4	5	6
7	8	9

3 B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	3		4			5		2	1
B	26					9			11
C			8	3	17		4	2	
D		15		14			2	4	
E			2		13	-3			
F	27	6				17			
G				2			2		
H			2		4		6	13	
I	2	13	2		-8	16			3

4 A



5 A

	A	B	C			
		12	5	11		
A	24		3	3	25	
	8	?	8	6		
	2		4	4		
D		18	15	3		
	2		4	8		
	2		13		2	
G	4	3	1	3	37	
	1		16	3	22	11
	G	H	I			

1	2	3
4	5	6
7	8	9

LITERATUR

- Aquist, L.
A new approach to the logical theory of interrogatives.
1975, Tuebingen.
- Bach, K. & Harnish, R.M.
Linguistic communication and .Speech acts.
1979, Cambridge Massachusetts.
- Baeriswyl, F.
Verarbeitungsprozesse und Behalten im Arbeitsgedächtnis
1984, Dissertation, Universität Fribourg.
- Bennett, J.
Rationalität, Versuch einer Analyse.
1967 (Original 1964), Frankfurt a.M.
- Bobrow, D.G. et al.
GUS, a frame-driven dialog System.
Artificial Intelligence, April 1977, 8(2).
- Boden, M.
Artificial intelligence and natural man.
1977, New York.
- Carbonell, J.G.
Meta-language utterances in porpositive discourse.
1982, Carnegie Mellow University, Dep. of C.S.,
CMÜ-CS-82-125.
- Chomsky, N.
Syntactic structures.
1957, The Hague.
- Cohen, P.R., Perrault, C.R. & Allen, J.F.
Beyond question answering.
In Lehnert & Ringle, 1982, S. 245 - 247.
- Devreux, G.
Angst und Methoden in den Sozialwissenschaften.
1973 (Original 1967), München.
- Dörner, D.
Problemlösen als Informationsverarbeitung.
1976. Stuttgart.
- Eisenberg, P. (Hrsg.)
Semantik und künstliche Intelligenz.
1977. Berlin.
- Fertig, H.
Modelltheorie der Messung.
1977, Berlin.
- Feyerabend, P.K.
Wider den Methodenzwang, Entwurf einer anarchistischen
Erkenntnistheorie.
1976, Frankfurt a.M.
- Flammer, A.
Towards a theorie of question asking.
Psychological Research, 1981, 43, S. 407-420.
- Habermas, J.
Erkenntnis und Interesse,
1968, Frankfurt a.M.
- Huber, O.
Entscheiden als Problemlösen.
1982, Bern.
- Johnson-Laird, P.N.
Mental modeis in cognitive science.
In Norman, 1981b, S. 147-192.
- Kaiser, H.
Wissenschaftstheoretische und erkenntnistheoretische
Überlegungen im Rahmen der Sozialwissenschaften.

1980. Lizentiatsarbeit, Universität Bern.
- Kaiser, H.
Zur Funktion der Frage bei Assimilationsprozessen.
1981. Forschungsbericht des Psychologischen Instituts
der Universität Fribourg, Nr. 25.
- Keller, B.
Elementare Kategorisierungen : Die Bildung der aller ersten
Begriffe.
1980, Dissertation, Universität Fribourg.
- Kleiter, G.D.
Bayes Statistik.
1980, Berlin.
- Laux, H.
Entscheidungstheorie
1982, Berlin.
- Lehnert, W.
The process of question answering.
1978, Hillsdale N.J.
- Lehnert, W. & Ringle, M.H.
Strategies for natural language processing.
1982, Hillsdale N.J.
- Levin, J.A. & Moore, J.A.
Dialog games : Metacommunication structures for natural
language interactions.
Cognitive Science, 1977, 1.4, S. 395-420.
- Lorenzer, A.
Sprachzerstörung und Rekonstruktion.
1973, Frankfurt a.M.
- Lyons, J.
Einführung in die moderne Linguistik.
1971, München.
- Minsky, M.L.
A framework for representing knowledge.
In Winston, 1975, S. 211-277.
- Minsky, M.L.
Materie, Geist, Modell.
In Eisenberg, 1977, S. 11-20, (Original 1968).
- Minsky, M.L.
K-Lines : A theory of memory.
In Norman, 1981b, S. 87-104.
- Neisser, U.
The imitation of man by machine.
Science, 1963, 139, S. 193-197.
- Newell, A.
One final word.
In Tuma & Reif, 1980, S. 175-189.
- Newell, A. & Simon, H.A.
Human problem solving.
1972, Engelwood Cliffs, N.J.
- Nilsson, N.J.
Problem solving methods in artificial intelligence.
1971, New York.
- Norman, D.A.
Twelve issues for cognitive science.
In Norman, 1981b, S. 265-295.
- Norman, D.A. (ed.)
Perspectives on cognitive science.
1981b, Norwood, N.J.
- Piaget, J.
Biologie und Erkenntnis.
1974 (Original 1967), Frankfurt a.M.
- Polya, G.

- Die Schule des Denkens.
1949, Bern.
- Ringle, M.H. & Bruce, B.C.
Conversation failure,
In Lehnert & Ringle, 1982, S. 208-222.
- Rogers, C.R.
Entwicklung der Persönlichkeit.
1976 (Original 1961), Stuttgart.
- Rommetveit, R.
On the architecture of intersubjectivity.
In Rommetveit & Blakar, 1979, S. 93 - 108, (Original 1976).
- Rommetveit, R. & Blakar, R.M. (eds.)
Studies of language, thought and verbal communication.
1979, London.
- Schank, R.C.
Language and memory.
In Norman, 1981b, S. 105 -146.
- Schank, R.C. & Abelson, R.P.
Scripts, plans, goals and understanding.
1977, Hillsdale, N.J..
- Schneider, H.-D.
Kleingruppenforschung,.
1975, Stuttgart.
- Shaw, M.E.
Group dynamics.
1971, New York.
- Simon, H.A.
Models of Man.
1957, New York.
- Thorndyke, P.
Cognitive structures in comprehension and memory of
narrative discourse.
Cognitive Psychology, 1977, 9, S. 77 -110.
- Tuma, D.T. & Reif, F. (eds.)
Problem solving and education :
Issues in teaching and research.
1980, Hillsdale, N.J.
- Watzlawik, P. et al.
Menschliche Kommunikation.
1974, Bern.
- Winograd, T.
Understanding natural language. 1972, New York.
- Winograd, T.
What does it mean to understand natural language ?
In Norman, 1981b, S. 231-263.
- Winston, P.H. (ed.)
The psychology of Computer vision. 1975, New York.