

Problemlösen zu zweit: Man kann auch zusammenarbeiten ohne dass man dasselbe denkt

Hansruedi Kaiser

20.11.2002

Die Grundfragestellung des Projektes war: Wie kann ich jemandem etwas erklären, so dass sie oder er das auch versteht. Meine Vorstellung von diesem Vorgang war so weit gediehen, dass mir klar war, dass natürlich Lehrer (Erklärender) und Lerner bereits etwas wissen. Nur nicht dasselbe. Naheliegender war es deshalb anzunehmen, dass ein Teil des Problems beim Erklären darin liegt, dass dieses Wissen irgendwie nicht aufeinander passt. Ich wollte deshalb untersuchen, was passiert, wenn zwei Personen mit unterschiedlichem Vorwissen, ja sogar mit unterschiedlich strukturiertem Wissen aufeinander treffen. Dazu entwickelte ich ein kleines Spiel für zwei Spieler (Kaiser 1984, 1987).

1 Ein Kommunikationsspiel

Ausgangsmaterial ist ein Zahlenquadrat wie das obere Quadrat in Figur 1. In den Feldern am rechten und am unteren Rand findet man die Summe der drei Zahlen in der jeweiligen Zeile oder Kolonne. Jeder der beiden Spieler erhält nun eine Kopie dieses Quadrates, in dem aber diverse Zahlen fehlen (Figur 1, untere Quadrate). Zudem erfährt der eine Spieler (HANS) nur, dass am unteren Rand die Kolonnensummen stehen, nichts aber über die Zeilensummen. Beim anderen ist es nun umgekehrt. Einer der beiden bekommt dann den Auftrag mit Hilfe des anderen die Zahl im Feld ganz unten rechts zu errechnen.

6	3	4	13
6	7	5	18
5	7	6	18
17	17	15	49

HANS				RUEDI			
	3				3	4	
6		5		6	7		
5	7				7		
17		15		17	17		

Figur 1: Beispiel eines Spiels mit verteiltem Wissen

Die beiden Partner müssen die Aufgabe lösen, ohne dass sie sich gegenseitig ihre Zahlenquadrate zeigen. Sie müssen also alle Information sprachlich umschreiben. Man kann dabei verschiedene Auflagen machen, indem man z. B. nur erlaubt, über die Inhalte der einzelnen Felder zu sprechen nicht aber über die Zusammenhänge.

Die Gespräche, die sich so ergeben, lassen sich wie folgt charakterisieren:

- a) Am Gespräch 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.
- 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.

2 Eine Computersimulation von Gesprächen

Diese Gespräche lassen sich unter verschiedensten Gesichtspunkten betrachten. Die wichtigsten sind:

Verständigung: Wie reden die beiden Partner über die einzelnen Teile des Zahlenquadrates? Welche Bezeichnungen wählen sie? Wie erkennen und klären sie allfällige Missverständnisse? etc.

Kooperation: Wie arbeiten die beiden Partner zusammen, um zu einer Lösung zu gelangen? Welche Abfolge von Fragen und Antworten ergibt sich? etc.

Um ein Gefühl für die Abläufe und Schwierigkeiten zu bekommen, schrieb ich zuerst einmal ein Computerprogramm, das ein solches Gespräch (mit sich selbst!) simulieren konnte. Der Ausbau dieses Programms erfolgte schrittweise und führte zu manchen interessanten Entdeckungen (Kaiser 1987). Eine der amüsantesten ergab sich, als ich versuchte Verständigungsprobleme zu simulieren. Ich führte dazu ein, dass die beiden Partner für gewisse Felder unterschiedliche Bezeichnungen brauchten, die je dem anderen unbekannt waren. Natürlich musste ich gleichzeitig dem Programm die Möglichkeit geben, auf eine solche ihm unbekannt Bezeichnung zu reagieren, indem es einfach mit UNVERSTAENDLICH antwortete. Als ich das Programm nach dieser Änderung startete, ergab sich folgender Dialog:

```

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

Was war geschehen? Nun ich hatte ganz einfach vergessen dem Programm einzugeben, was UNVERSTAENDLICH heisst bzw. wie es darauf sinnvoll reagieren kann. Es genügt also nicht, dass der eine Partner sagen kann "Ich verstehe nicht!". Der andere muss verstehen, was er damit meint!

Im Endausbau war das Programm in der Lage Dialoge wie den folgenden zu führen. HANS hat in diesem Beispiel zu Beginn kein spezielles Ziel, ist also der Lehrer; RUEDI interessiert sich für das Feld in der dritten Zeile, dritte Kolonne (3 3). HANS kennt alle Zusammenhänge und verfügt über eine dementsprechend "reiche" Sprache; RUEDI kennt nur die horizontalen Zusammenhänge und nennt die Felder am rechten Rand einfach "SUMME". HANS als Lehrer denkt mit, d.h. er übernimmt das Ziel des Lernalers; RUEDI dagegen nicht (d.h. er macht nicht wieder Subziele von HANS zu seinen Zielen).

		HANS			
		1	2	3	4
1			3		
2		6		5	
3		5	7		
4		17		15	

		RUEDI			
		1	2	3	4
1			3	4	
2		6	7		
3			7		
4		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 mit "!" die Initiative. Dieser hat (3 3) als Ziel übernommen und sich gleichzeitig gemerkt, dass RUEDI die entsprechende Zahl offenbar nicht kennt (UNB). 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 "SUMME 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 Zusammenhänge). Das Hauptziel wird zur Sackgasse (SAC), und er resigniert.

	3		
6		5	
5	7	UNB	UNB
17		15	

	3	4	
6	7		
	7	SAC	SAC
17	17		

HANS :!
RUEDI : SCHLUSS !

Für HANS ist die Sache aber noch nicht erledigt.

HANS : TOTAL ?

Damit meint er das Feld 4 4. HANS versucht alle Felder der letzten Spalte in Erfahrung zu bringen, damit er die ZEILEN SUMME 3 berechnen kann. Das ist zwar ein nicht sehr effizientes aber ein mögliches Vorgehen.

RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
HANS : TOTAL ?
RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
HANS : TOTAL ?
RUEDI : UNVERSTAENDLICH !
HANS :!
RUEDI : SCHLUSS !
HANS : KOLONNEN SUMME 2 ?

HANS kommt nach dreimaligem Versuch zum Schluss, dass RUEDI offenbar TOTAL nicht versteht. Er hofft deshalb auf die KOLONNEN SUMME 2 um so das Total berechnen zu können.

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

Wieder dasselbe kleine Missverständnis. RUEDI nimmt an, es müsse SUMME 2 (für ihn am rechten Rand) gemeint sein. Glücklicherweise hat das Missverständnis keine Folgen.

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

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

	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.

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

	3	4	UNB
6	7		UNB
	7	SAC	SAC
17	17		

HANS versucht es nun über "ELEMENT 1 3".

HANS : !
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : ELEMENT 1 3 ?
 RUEDI : 4 .

Und gelangt zu einem Resultat !

HANS : ELEMENT 3 3 6.
 RUEDI : SCHLUSS !
 HANS : SCHLUSS !

Worauf beide zufrieden sind.

3 Die Schwierigkeiten menschlicher Gesprächspartner

Anschliessende Untersuchungen mit menschlichen Gesprächspartnern, die sich entweder zu zweit oder mit dem Programm als Gegenüber unterhielten zeigten dann bald, dass zumindest bei diesen Spielen die Verständigung kein wesentliches Problem darstellt. Die Teilnehmenden an solchen Gesprächen konnten sich meist effizient auf eine geeignete Begrifflichkeit einigen, so dass sie sich zumindest über die Inhalte der einzelnen Felder problemlos austauschen konnten.

Problematischer war dagegen die Kooperation. Hier zeigte sich, dass die beiden Gesprächspartner oft sehr ineffizient vorgehen und manchmal durchaus lösbare Aufgaben nicht lösen konnten. Dies wurde vor allem augenfällig, als ich die Zahlenquadrate von vier mal vier Feldern auf 25 mal 25 Felder vergrösserte. Die Kooperationsfehler, die in den Gesprächen vor allem zu beobachten waren, lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen:

Fallenlassen eines Gesprächsfaden: Jede Frage, die der eine Partner stellt und der andere nicht sofort beantworten kann, birgt die Möglichkeit den Faden des Gesprächs weiter zu spinnen. Kennt der Gefragte eine Möglichkeit, die gewünschte Information zusammensuchen, kann er diesen Weg verfolgen und gelangt dann unter Umständen zu Rückfragen etc. In den Gesprächen zwischen den menschlichen Gesprächspartnern kam dies aber kaum je vor. Entsprechende Fragen wurden einfach mit "Ich weiss nicht" beantwortet und dann nicht mehr weiter verfolgt. Die Teilnehmenden verhielten sich also wie RUEDI im Beispiel, wenn er z. B. auf die Frage "ZEILEN SUMME 1" keine Anstrengung

unternimmt, diese zu berechnen. Das führte aber natürlich dazu, dass oft Wege, die zum Ziel geführt hätten, nicht weit genug verfolgt wurden.

Fehlende Unterscheidung zwischen "momentan unbekannt" und "definitiv unbekannt": Dies zeigte sich auch rein sprachlich darin, dass die Teilnehmenden in ihren Antworten nicht danach unterschieden, ob sie auf eine Frage nur momentan keine Antwort geben konnten, weil das entsprechende Feld bei ihnen leer war, oder ob sie die Frage definitiv nicht beantworten konnten, weil sie auch keine Zusammenhänge sahen, über die sie den Feldinhalt hätten berechnen können. Diese Information ist aber notwendig, damit die beiden Teilnehmenden ihr Vorgehen planen können und entscheiden können, wo ein Weiterarbeiten sich noch lohnt und wo nicht.

4 Eine Analyse des Gesprächsprozess

Angesichts dieser Schwierigkeiten kann man sich fragen, wie denn der Kommunikationsfluss zwischen zwei Partnern zu gestalten ist, damit das gesamte vorhandene Wissen der beiden Partner voll zum Tragen kommt. Eine mögliche Strategie zur Beantwortung dieser Frage besteht darin, dass man die Frage in zwei aufeinander aufbauende Teilfragen zerlegt:

- (1) Wie lässt sich vorhandenes Wissen prinzipiell zur Lösung eines Problems nutzen? und
- (2) welche Komplikationen ergeben sich daraus, dass das Wissen auf zwei Partner verteilt ist?

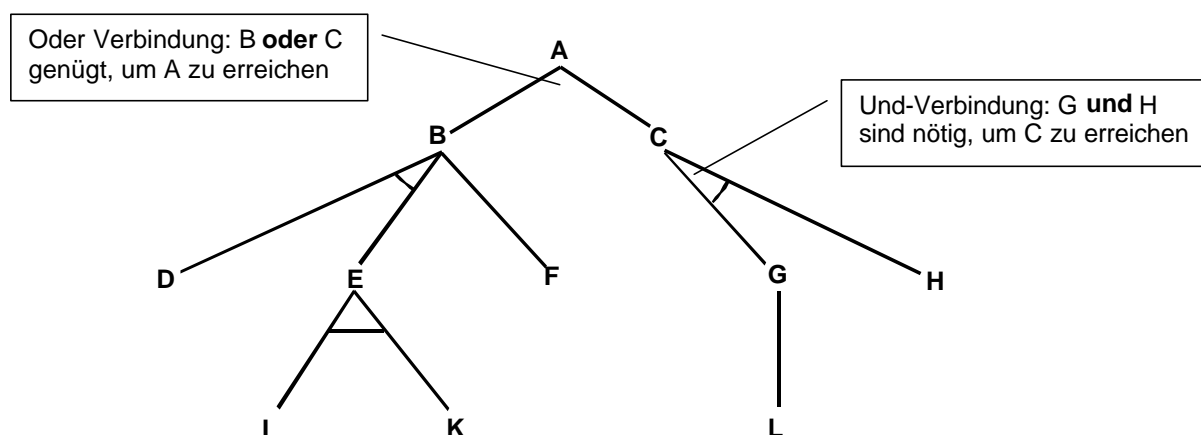
Die erste dieser Teilfragen kann man bearbeiten, indem man das gesamte relevante Wissen der beiden Partner einem einzigen informationsverarbeitenden System zur Verfügung stellt und dann den ablaufenden Problemlöseprozess untersucht. Für die zweite Teilfrage muss man dann in einem zweiten Schritt das Wissen wieder auf beide Partner verteilen und untersuchen, welche Komplikationen sich dadurch im Prozess ergeben.

Zum ersten Schritt, d.h. zur Modellierung von Problemlöseprozessen innerhalb eines einzigen Systems, können wieder Arbeiten aus dem Schnittbereich zwischen Künstlicher Intelligenz und Kognitionspsychologie, also aus der sog. Cognitive Science beigezogen werden. Lange Zeit wurde Problemlösen dort als Suchprozess beschrieben (Newell & Simon 1972, Nilsson 1971) und auch mit einem gewissen Erfolg als Expertensysteme implementiert (Buchanan & Shortliffe 1984, Kaiser 1989, McDermott 1982).

Später wurde klar, dass sich diese Beschreibung des Problemlöseprozesses nur für einen bestimmten Typ von Aufgaben eignet. Aufgaben, die nach einer Lösung verlangen, die einem oder mehreren klar definierten Kriterien genügen. Diese sind im Moment der Aufgabenstellung bekannt. Meist gibt es gemessen an diesen Kriterien eine beste Lösung. Typische Beispiele für solche Aufgaben sind Denksportaufgaben, aber auch mathematische Probleme, Probleme, bei denen es darum geht Prozesse zu optimieren etc. Dem gegenüber stehen Aufgaben, bei denen eine Zielformulierung nur vage Kriterien wie "nützlich", "brauchbar" oder "schön" enthält. Wie diese Kriterien zu interpretieren sind zeigt sich erst im Verlauf der Aufgabe. Meist gibt es eine Vielzahl befriedigender Lösungen, die alle aus unterschiedlichen Gründen überzeugen. Typische Beispiele sind der Entwurf von Gebrauchsgegenständen, die Gestaltung von Unterricht (Altrichter & Posch 1994), Entwürfe in der Architektur (Schön 1983) und die Verwaltung einer Kleinstadt (Dörner, 1983). Da es sich beim Kommunikationsspiel mit den Zahlenquadraten aber um eine Aufgabe mit einem klar definierten Ziel handelt, kann die Beschreibung als Suchprozess verwendet werden.

Vor allem bei der Implementation als Expertensystem wird ein wesentlicher Teil des Wissens als Regel der Form „Wenn das und das der Fall ist, dann folgt daraus das“ dargestellt. Im Zahlenquadrat sind dies die Zusammenhänge wie "Wenn die Zahlen in Feld a, b und c bekannt sind, kann man die Zahl in Feld d als ihre Summe berechnen". Daneben gibt es Faktenwissen. Im Falle der Zahlenquadrate sind dies die Zahlen in den einzelnen Feldern. Der Problemlöseprozess beginnt beim Hauptziel und sucht nach einer Regel, aus deren Anwendung sich dieses Hauptziel als Resultat ergeben würde. Im allgemeinen wird aber von einigen der Bedingungen dieser Regel nicht bekannt sein, ob sie zutreffen. Diese

Bedingungen werden darum zu Subzielen, die zuerst bearbeitet werden müssen, und die zu diesem Zweck ihrerseits wieder zu Subsubzielen expandiert werden, usw. Dieser Prozess wird fortgesetzt, bis eine Menge von Subzielen gefunden wurde, die alle mit Hilfe von bekanntem Faktenwissen beantwortet werden können und aus denen sich dann das Resultat für das Hauptziel herleiten lässt (Barr & Feigenbaum 1982). Dieser Inferenzprozess lässt sich als Suchprozess in einem Und/Oder-Baum darstellen (Figur 2).

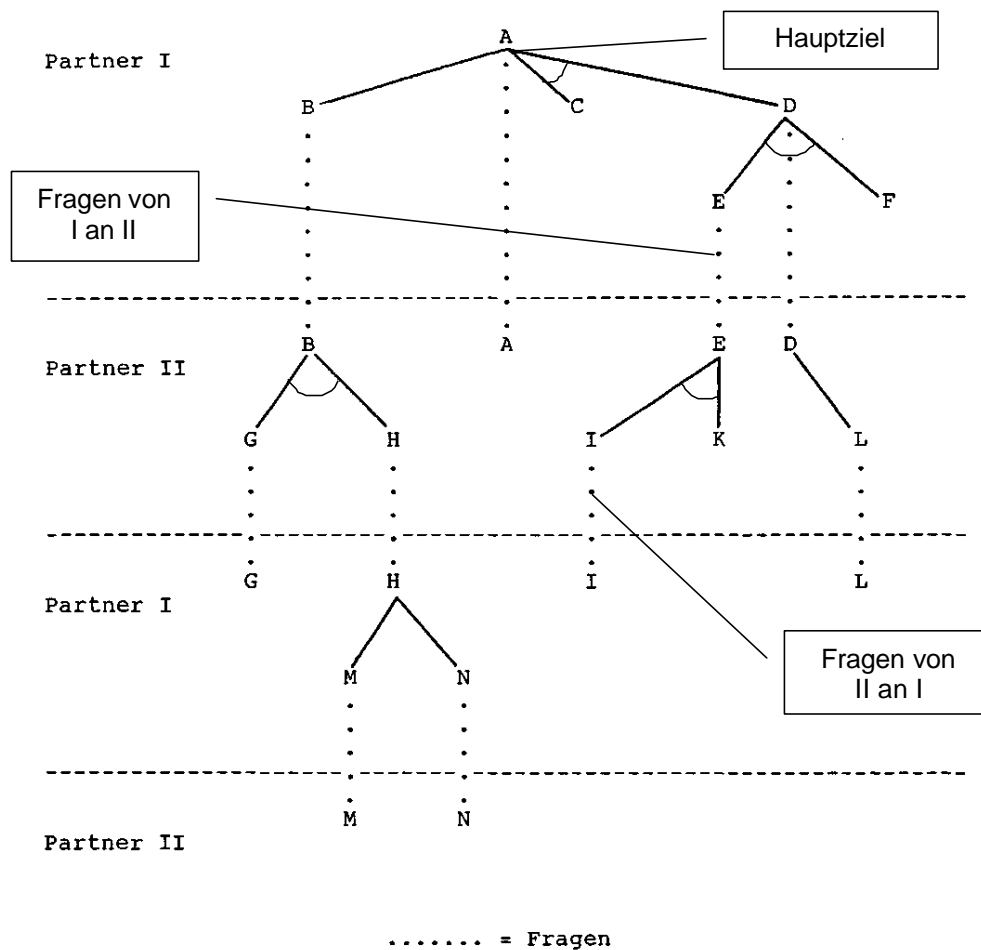


Figur 2: Beispiel einer Zielhierarchie dargestellt als Und/Oder-Baum

Ein solcher Baum kann auch tote Äste enthalten. Wenn z. B. in Figur 2 **K** unbekannt ist, dann ist der ganze Ast, der von **B** über **E** führt unbrauchbar. Dazu besteht manchmal die Gefahr, dass der Prozess in eine Schleufe gerät. Dies wäre z. B. der Fall, wenn im Beispiel von Figur 2 eine Regel bestehen würde, dass man **L** erfahren kann, wenn man **C** kennt. Damit dies zu keinen Problemen führt, muss der Suchprozess mit genügend Information ausgerüstet sein, um sich aus toten Ästen wieder zurückziehen zu können (backtracking) bzw. um Schlaufen vermeiden zu können (z.B. Winston 1984).

Ist das Wissen nun auf zwei Partner verteilt, dann wird man im allgemeinen neben Wissen, über das beide verfügen, bestimmte Stücke des Regel- wie des Faktenwissens finden, die nur einem der beiden Partner bekannt sind. Jeder der Partner kann damit beginnen, dass er einmal in dem ihm zugänglichen Teil des Wissens einen Suchprozess ablaufen lässt, wie er oben beschrieben wurde. Ist das Problem aber nur echt kooperativ lösbar, wird er dabei nicht zu einer Lösung gelangen. Zusätzlich zu diesem internen Suchprozess kann er nun bei jedem Teilziel den Partner zu befragen. Durch diese Frage springt der Suchprozess zum anderen Partner über und kann dort weiter laufen. Man kann sich also die Teilwissen der beiden Partner über solche Frage/Antwort-Verbindungen zu einem Ganzen verhängt vorstellen, indem dann der Suchprozess völlig analog abläuft, wie wenn das ganze Wissen einem Partner zur Verfügung steht. Der Lösungsweg hat so im wesentlichen die gleiche Form wie oben, nur dass er ein- bis mehrmals von einem Partner zum anderen springt.

Figur 3 stellt einen solchen Prozess schematisch dar. Partner I geht vom Ziel **A** aus und bildet für sich die Subziele **B**, **C**, **D**, **E** und **F**. Dort, wo er bei einem dieser Subziele selbst keine Lösung findet, fragt er Partner II (**A**, **B**, **D**, **E**). Nehmen wir an, dass Partner I die Antworten zu den Punkten **F**, **G** und **I** kennt, wogegen Partner II weder zu **M** noch zu **N** etwas zu sagen weiss, dann kommen sie über den Weg **D-E-I** zu einer Lösung, der Weg über **B** erweist sich dagegen als unfruchtbar.



Figur 3: Problemlöseprozess über zwei Gesprächspartner

Setzen wir nun voraus, dass sich an den für die Lösung entscheidenden Übergängen keine Verständigungsprobleme ergeben. Dann ist ein Problem bei verteiltem Wissen genau dann lösbar, wenn es auch lösbar wäre, würde das ganze Wissen einer einzigen Person zur Verfügung stehen. Kontrollinformation, die den Prozess steuert, ist somit im Wesentlichen dieselbe wie im Fall mit nur einer einzigen Person. Konkret bedeutet das:

1. **Alle Beteiligten müssen wissen, welche Subziele aktuell offen sind.** Nur so können sie gemeinsam das weitere Vorgehen planen.
2. **Jede Person, die einen Faden von einer anderen Person aufgreift, muss sich merken, welche Frage der Auslöser war.** Nur so kann sie die Frage an die richtige Adresse beantworten, wenn sie zu einer Lösung gelangen sollte.
3. **Jede Person muss bei jedem Subziel wissen, über welchen Weg es genau mit dem Hauptziel verbunden ist.** Nur so kann sie vermeiden, dass sie bei ihren Überlegungen in Schlaufen gerät. Damit dies möglich ist, muss die fragende Person jede Frage "begründen", d.h. sie muss angeben, auf welchem Weg ihre Frage mit dem Hauptziel zusammenhängt.
4. **Zu jedem Subziel muss ständig nachgeführt werden, ob noch offenen Sub(sub)ziele existieren.** Nur so lassen sich Sackgassen entdecken. Dies bedeutet, dass die antwortende Person bei Fragen, die sie nicht direkt beantworten kann, unterscheiden muss, ob dies definitiv ist oder ob sie noch Möglichkeiten sieht, durch zusätzliche Überlegungen zu einer Antwort zu gelangen. Selbstverständlich muss sie diese Unterscheidung nicht nur für sich treffen, sondern die fragenden Person informieren, damit diese weiss, ob sie noch auf eine Antwort warten soll.

5 Acht Kommunikationsregeln

Natürlich gab es auch Paare, welche die Aufgaben lösen konnten. Einige beschäftigten sich intensiv mit immer schwierigeren Versionen und entwickelten mit der Zeit eine effiziente Kooperation. Aufgrund ihrer Erfahrungen und aufgrund der logischen Analyse war es dann möglich, ein Satz von Kommunikationsregeln zu formulieren (Kaiser 1987).

Die Regeln gehen davon aus, dass sich das Problem als Lücke im Wissen einer der 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 dies und das und jenes wüssten, 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 C weiss, muss ich G UND H wissen"; manchmal genügt aber auch eines allein "Damit ich A weiss, muss ich B ODER C wissen". Diese Zusammenhänge kann man sich recht übersichtlich in Form eines Baums aufzeichnen, an dessen Spitze das Hauptziel steht (vgl. Figur 2).

Neue Subziele können im Gespräch auftreten als :

- Direkte Subziele, 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 alle Beteiligten 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 einzelnen Beteiligten zur gleichen Zeit zwei verschiedene Ideen verfolgen. Darum auch :

3. Bei jeder Äusserung eines Beteiligten muss klar sein, zu welchem Subziel sie gehört.

4. Jedes von einem der Beteiligten 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, um zum Ziel zu gelangen. Manchmal stellt einer der Beteiligten "unsinnige" Fragen. Bei den anderen ist zwar klar, zu welchem übergeordneten Ziel sie ein Subziel sein soll (notwendig nach Regel 2). Sie verstehen aber nicht ganz, warum die Beantwortung der Frage zur Erreichung des übergeordneten Ziels etwas beitragen kann. Dann ist es oft einfacher, dem Fragenden einfach zu glauben, dass seine Frage sinnvoll ist, als ihn zu einer Erklärung zu zwingen. Gerade wenn z. B. Personen in einem interdisziplinären Team zusammenarbeiten, kann es oft schwierig sein, eine für die anderen verständliche Erklärung abzugeben, obwohl die Idee, die hinter der Frage steht, richtig ist.

Im Prinzip kann sich jedes Subziel zu einem bestimmten Zeitpunkt des Gesprächs in einem von drei "Zuständen" befinden. Entweder sind sich alle einig, dass das Ziel erreicht ist; oder

das Ziel ist noch nicht erreicht, aber mindestens einer der Beteiligten sieht noch eine Möglichkeit, wie man es erreichen konnte; oder dann sind sich alle einig darüber, dass ihr Wissen nicht ausreicht, um das Ziel - überhaupt oder innert 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 alle klar sein, welche Subziele als erreicht gelten (bekannt); bei welchen Subzielen zumindest eine der Beteiligten noch Möglichkeiten sieht, sie herauszufinden (vorläufig unbekannt); und bei welchen niemand mehr eine solche Möglichkeiten sieht (definitiv unbekannt).**

Damit keine Möglichkeiten vergessen werden, um 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 alle Beteiligten (bevor man sich einem der Subziele zuwendet) zuerst angeben, welche möglichen Subziele/Subzielkombinationen sie überhaupt sehen (Brainstorming).**
- 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. Manchmal sind Antworten nur vermeintliche Antworten und lösen gar nicht das Problem, das zu dem bestimmten Subziel gehört. Damit sich die Effekte solch unbrauchbarer Antworten nicht von Subziel zu Subziel weiter schleppen, 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.

Im Rahmen der Spiele mit den Zahlenquadraten bewährten sich diese Regeln bestens. Eine kleine Überprüfung zeigte aber, dass sie auch in anderen Zusammenhängen wirksam sein können. Ich bat zehn Paare von Psychologiestudenten und -studentinnen zu zeigen, dass die Ableitung der Funktion $y=x^2$ die Funktion $y=2x$ ist. Dies ist für Psychologiestudenten eine schwierige Aufgabe. Zwar hatten alle die entsprechende Herleitung im Gymnasium gesehen. Aber da Psychologiestudenten ihr Studium typischerweise nicht wegen ihrem Interesse an Mathematik wählen, war sie ihnen nicht mehr sehr präsent. Fünf der Paare trainierten zuerst die Regeln anhand von zwei anderen Aufgaben, die fünf anderen Paare lösten die gleichen zwei Aufgaben, ohne dass sie über die Regeln instruiert wurden. Die Resultate bei der anschliessenden Mathematikaufgabe waren relativ deutlich: Die Erfolgshäufigkeit betrug nach Einüben der Regeln 40%, ohne Regeln 0%.

Natürlich war die Stichprobe etwas klein, um allein aufgrund dieser Zahlen eine Aussage zu machen. Zwischen den beiden Gruppen konnten aber darüber hinaus wesentliche Unterschiede beobachtet werden. Die Paare, welche die Regeln geübt hatten, waren ganz offensichtlich in der Lage, wesentlich „tiefer“ in das Problem einzudringen. Sie suchten über mehrere Stufen der Zielhierarchie nach einer Antwort. Das bewirkte, dass sie sich an eine (für sie selbst) überraschende Fülle von Details aus dem Mathematikunterricht in der Gymnasium erinnerten. Dank dem aufgezeichneten Zielbaum konnten sie dann auch die gefundenen Informationen besser integrieren. Und zum dritten hielt die Motivation der Paare in der Experimentalgruppe wesentlich länger an (60 bis 80 Minuten Arbeit am Problem im Vergleich zu 30 Minuten bei der Kontrollgruppe).

6 Was hat das mit Lernen zu tun?

Im Grunde genommen war der Ausgang dieser Arbeit (meiner Dissertation) eine grosse Überraschung für mich. Ich war davon ausgegangen, dass Lehrer und Lerner weitgehend dieselbe Wissensstruktur aufbauen müssen, damit der eine dem anderen helfen kann. Und als Resultat zeigte sich, dass sehr wohl der eine vom Wissen des anderen profitieren kann, wenn es nur immer wieder Berührungspunkte gibt, an denen das Gespräch und damit das Weiterdenken vom einen zum anderen springen kann.

Natürlich rückt dies weiter die Idee des Lehrens und Lernens als kooperatives Unternehmen in den Vordergrund. Die untersuchten Gespräche unterscheiden sich ja schon formal von der typischen Lehrer/Schüler-Situation in der Schule. Hier setzt der Lerner und nicht der Lehrer das Ziel.

Nützlich sind diese Regeln in Situationen, in denen zwei oder mehr Partner lernen, indem sie gemeinsam eine Aufgabe bearbeiten. Das können Partner mit vergleichbarem Wissenstand sein wie die Psychologiestudenten im Beispiel oben. Es funktioniert aber natürlich auch, wenn ein Wissensgefälle wie zwischen Lehrer und Lerner besteht. Also kurz zusammengefasst:

Lehren

- Geschieht Lehren/Lernen als gemeinsames Bearbeiten einer Aufgabe, dann ist eine Kooperation auch bei nur teilweise gegenseitigem Verständnis möglich.

7 Literatur

- Altrichter, H. & Posch, P. (1994). **Lehrer erforschen ihren Unterricht**. *Bad Heilbrunn, Julius Klinkhardt*.
- Barr, A. & Feigenbaum, E. A., Eds. (1982). **The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. II**. *Los Altos, Cal., William Kaufmann*.
- Buchanan, B. G. & Shortliffe, E. H. (1984). **Rule Based Expert Systems: The MYCIN experiment of Stanford Heuristic Programming Project**. *Reading, Mass., Addison-Wesley*.
- Dörner, D., Kreuzig, H., Reiter, F. & Stäudle, T. (1983). **Lohausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität**. *Bern, Huber*. Kaiser, H. (1984). **Problemlösen zu zweit**. *Psychologisches Institut. Fribourg, Universität Fribourg*.
- Kaiser, H. (1987). **Wissensaustausch im Dialog: Wie Menschen und Computer voneinander lernen können**. *Bern, Huber*.
- Kaiser, H. (1989). **Fundamental Corporate Analysis. A knowledge-based application at Swiss Bank Corporation**. *2nd International Symposium Commercial Expert Systems in Banking and Insurance : corporate knowledge: how to get, evaluate, use and maintain. Lugano, Swiss Group for Artificial Intelligence and Cognitive Science*.
- McDermott, J. (1982). **A Rule-Based Configurer of Computer Systems**. *Artificial Intelligence 19(1): 39-88*.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). **Human problem solving**. 1972, *Engelwood Cliffs N. J.*
- Nilsson, N. J. (1971). **Problemsolving methods in artificial intelligence**. 1971, *New York*.
- Schön, D. A. (1983). **The reflective practitioner: how professionals think in action**. *New York, Basic Books*.
- Winston, P. H. (1984). **Artificial intelligence**. 1984, *Reading Mass.*