



Universität Augsburg
Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl
Kernkompetenzzentrum
Finanz- & Informationsmanagement
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik,
Informations- & Finanzmanagement

UNA
Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-24

Blackboardbasierte Systemunterstützung von Allfinanzangebotsprozessen

von

Ulrike Einsfeld, Andreas Will

September 1996

in: KI Künstliche Intelligenz, 10, 4, 1996, S.49-54



Blackboardbasierte Systemunterstützung von Allfinanzangebotsprozessen

Ulrike Einsfeld, Andreas Will

Komplexität und Dynamik in der Finanzwirtschaft führen zu speziellen Anforderungen an eine kundenindividuelle Unterstützung von Angebotsprozessen zur Erstellung von Finanzdienstleistungen. Aufbauend auf der Modellierung eines allgemeinen Lösungsansatzes des verteilten Suchens und Erkennens [Buhl et al. 1996] wird in diesem Beitrag die Konzeption eines blackboardbasierten Agentensystems zur Unterstützung von derartigen Angebotsprozessen vorgestellt. Im Rahmen des Kooperationsprojekts ALLFIWIB wurde dieses System am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik, Universität Augsburg (bis 1994: Universität Gießen), entwickelt und prototypisch realisiert¹. Die Systemkonzeption wird auf ihre Erweiterbarkeit und Eignung bezüglich der Wiederverwendung bestehender Stand-alone-Systeme geprüft. Die verwendeten KI-Ansätze, die prototypische Realisierung sowie die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis (des Direktbanking) werden abschließend untersucht.

1. Problembereich

Maßnahmen zur Deregulierung von Kapitalmärkten, Aufhebung von Kapitalverkehrsbeschränkungen sowie eine Verschärfung des Wettbewerbs auf den internationalen Finanzdienstleistungsmärkten haben zu einer deutlichen Zunahme der Zahl von Finanzierungs-, Anlage- und Absicherungsinstrumenten geführt und werden aller Voraussicht nach auch in Zukunft zur Entwicklung weiterer innovativer Finanzprodukte führen. Zudem ändern sich häufig die Rahmenbedingungen für bereits bestehende Produkte: Reformen und Modifikationen im Vermögensbildungsgesetz, bei Übergangsregelungen, bei Subventionen, im Steuerrecht sowie bei der Rentenregelung [Feller et al. 1992, S. 1679] dokumentieren die Daten- und Wissensdynamik in den finanzspezifischen Fachgebieten.

Die Komplexität des Problemlösungsbereichs Finanzwirtschaft führt zu der Notwendigkeit der Systemunterstützung des Angebotsprozesses von Finanzdienstleistungen, für die folgende *Anforderungen* formuliert werden können: Grundlage eines kundenindividuellen Beratungsprozesses ist die adäquate Erfassung des Kundenproblems. Dies umfaßt zum einen die Erfassung von Kundendaten und -zielsystem und zum anderen die Transformation der Problemstellung in eine formale Darstellung als Ausgangspunkt des Lösungsprozesses. Aus Kundensicht wird diese Anforderung ergänzt durch die geeignete Lösungspräsentation zum Beratungsabschluß. Alternative Lösungen sollten anschaulich verglichen und ökonomisch fundiert erläutert werden. Dabei müssen auch Vergleiche mit den Ergebnissen früherer Beratungskonsultationen möglich sein. Der Lösungsraum wird aufgespannt durch die angesprochene Vielfalt einzelner Finanzprodukte sowie durch die Kombinationsmöglichkeiten zu Allfinanzangeboten, die z.B. aufgrund von steuerlichen Effekten andere finanzwirtschaftliche Wirkungen haben als die reine Addition der Einzelwirkungen der Produkte. Zur Berücksichtigung dieser Kombinationseffekte müssen die in den verschiedenen Fachabteilungen der Finanzdienstleister nach Produktparten räumlich und institutionell verteilt vorliegenden Produktdaten und -wissen im Angebotsprozeß integriert werden. Hierzu sowie zum Einsatz durch Außendienstmitarbeiter oder im

¹ ALLFIWIB: Unterstützung der Allfinanz-Kundenberatung mit verteilten wissensbasierten Systemen. Wir danken der DFG für die Förderung dieses Kooperationsprojekts mit der Universität Marburg von 1992 - 1995. Wesentliche Ergebnisse sowie eine Bibliographie finden sich z.B. in [Roemer 1994] und [Roßbach 1996].

Direktbanking ist die physische Verteilbarkeit der Systemmodule notwendig. Im Außendienst werden die Module zur Kundenproblemerkennung und Lösungspräsentation auf portablen Geräten benötigt, speicherplatzaufwendige Datenhaltung erfolgt in der Zentrale und produktbezogene Lösungsmodule müssen in den Fachabteilungen entwickelt und gepflegt werden können. Im Direktbanking müssen Kunde und Berater - trotz räumlicher Trennung - zeitlich synchron Problem- und Lösungsinformationen interaktiv bearbeiten können. Die Dynamik und Innovationsfreudigkeit in der Finanzwirtschaft verlangt zusätzlich die Skalierbarkeit der Systemunterstützung durch flexibles Einbinden neuer Kooperationspartner aus anderen Produktsparten. Für den praktischen Einsatz einer Systemunterstützung besondere Bedeutung hat die Forderung, sogenannte Altsysteme (Stand-alone-Beratungssysteme, etc.) in das Gesamtsystem zu integrieren und deren Wiederverwendbarkeit sicherzustellen. Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Systementwicklung sowie eine langfristig gute Wartbarkeit ist abschließend die Realisierung des Systems auf der Basis von standardisierten Komponenten und Schnittstellen zu beachten.

2. Konzeption eines blackboardbasierten Agentensystems

Für eine Systemunterstützung der Erstellung von Finanzdienstleistungen, die den obigen Anforderungen genügen soll, empfiehlt sich eine Dreiteilung des Angebotsprozesses in Problemerkennung, Problemlösung und Lösungspräsentation. Die Konzeption der komplexen Phase „Problemlösung“ kann dabei auf der allgemeinen Modellierung des Problemlösungsprozesses zur Erstellung von Finanzdienstleistungen als verteilten Such- und Erkennungsprozeß und deren Analogie zum Formalismus eines Produktionssystems aufbauen (hierzu ausführlich [Buhl et al. 1996]). Dementsprechend und unter Berücksichtigung der vor- bzw. nachgelagerten Phasen „Problemformulierung“ und „Lösungspräsentation“ sind folgende Systemkomponenten erforderlich (vgl. Abb. 1):

- Eine Kundenanalyse erfaßt interaktiv zu lösende Finanzprobleme und formalisiert sie für die Weiterverarbeitung im verteilten Angebotsprozeß.
- Agenten stellen die Lösungsmodule für unterschiedliche Produkte bzw. für komplexes Kombinationswissen, d.h. für spezifische Subdomänen, dar. Sie bestehen jeweils aus einem Bedingungsteil, der Finanzprobleme auf ihre grundsätzliche Lösbarkeit untersucht, und einem (i.d.R. komplexen KI-) Schlußfolgerungsteil zur Lösung der Finanzprobleme. Damit entsprechen die Agenten den Produktionsregeln des Produktionssystems.
- Ein Modul zur Ergebnisdarstellung aggregiert die erstellten Lösungen und präsentiert dem Benutzer Finanzdienstleistungen als Ergebnisse des verteilten Problemlösens.
- Ein Blackboard dient als Kommunikations- und Kooperationsmedium; es entspricht der Datenbasis des Produktionssystems.
- Eine Steuerungskomponente übernimmt zentral zu leistende Steuerungsaufgaben im verteilten Problemlösungsprozeß (Kontrollsystem des Produktionssystems).

Blackboard

Grundlage für die Nutzung des Blackboards als einheitliches Kommunikations- und Kooperationsmedium ist die formalisierte Darstellung von Finanzproblemen und Lösungen der Agenten. Eine solche Darstellung ist in der Finanzwirtschaft einheitlich auf der Basis von Zahlungsströmen möglich [Will 1995]. Ein zu lösendes Finanzproblem wird von der Kundenanalyse formalisiert auf dem Blackboard eingetragen und ist dort für alle Agenten sichtbar. Die Fachagenten können aus ihrer Subdomäne Lösungen oder Teillösungen für das Kundenproblem erarbeiten, die sie auf dem Blackboard - gegebenenfalls mit Restproblem - darstellen.

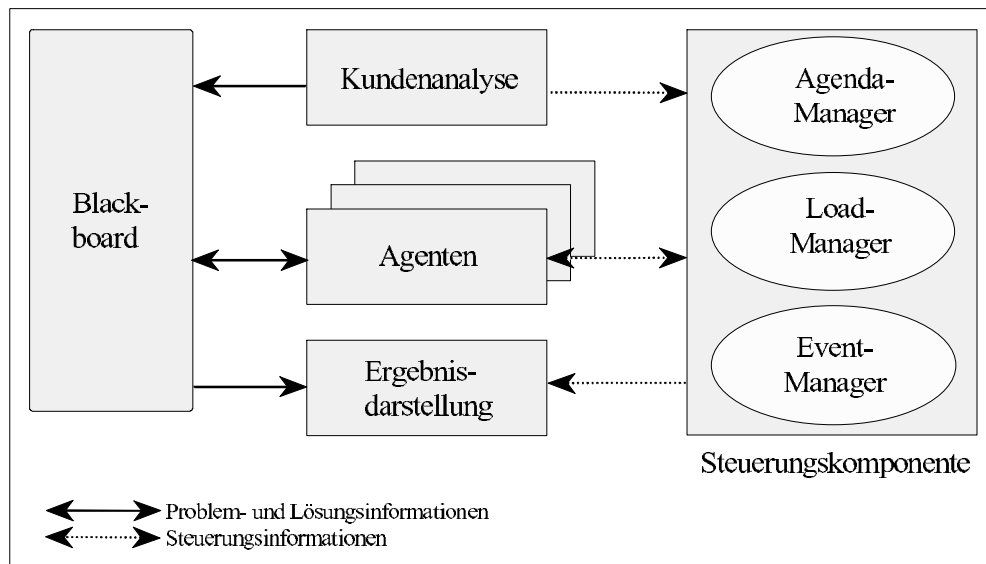


Abb. 1: Überblick über die Systemkomponenten (nach [Roemer 1994, S. 17])

Das zur Nutzung von Kombinationseffekten verfügbare Wissen wird ebenfalls als eine Subdomäne aufgefaßt. Der Agent für diese Subdomäne, der Kombinationsagent, kann Probleme auf dem Blackboard in Teilprobleme zerlegen. Jeder Agent, der ein Problem lösen will, kann es unabhängig von anderen bearbeiten und eine erstellte Teillösung und ggf. ein Restproblem auf dem Blackboard eintragen. Hieraus entsteht ein Lösungsbaum mit Pfaden alternativer Lösungen, der dann dynamisch und inkrementell auf dem Blackboard wächst. Abb. 2 zeigt einen Lösungsbaum einer vom ALLFIWIB-Prototyp erstellten und hier veranschaulichten Problemlösung mit vier Ästen alternativer (z.T. kombinierter) Lösungen; Quadrate stehen für das Ausgangs- bzw. für Restprobleme; Kreise für (Teil-) Lösungen.

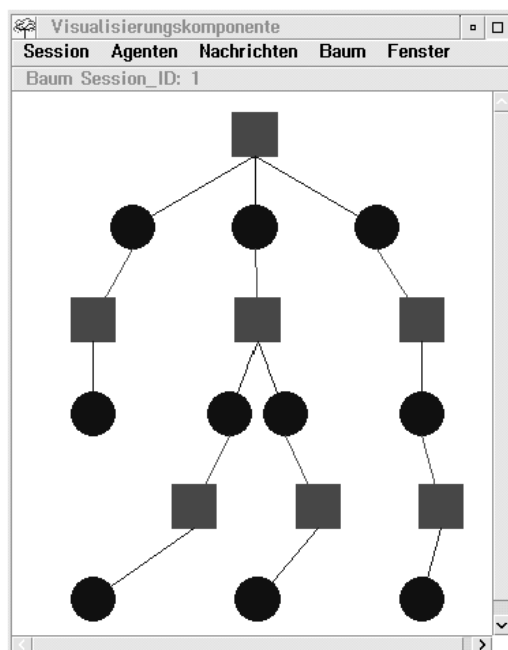


Abb. 2: Ein Lösungsbaum mit vier Lösungszweigen

Diese explizite Speicherung des Lösungsbaumes stellt zu jedem Zeitpunkt des verteilten Problemlösens ein *Protokoll* der Lösungsaktivitäten dar. Das Blackboard ist folglich die geeignete Grundlage, um am Ende des Problemlösens durch pfadweise Aggregation der Teillösungen (kombinierte) Finanzdienstleistungen offerieren zu können. Darüber hinaus kann auch auf die

einzelnen Teillösungsknoten, hinter denen sich jeweils konkrete - für die Vermittlung des Angebots erklärungsbedürftige - Finanzprodukte verbergen, leicht zugegriffen werden. Ferner liefert das Blackboard schon während des verteilten Problemlösens dem Benutzer die Gelegenheit, den Stand der Aktivitäten durch Betrachtung einzelner Teillösungsknoten und Lösungspfade zu verfolgen. Eine Erklärungskomponente kann darauf aufbauend auf einfache Weise gestaltet werden. Weiterhin erlaubt das Blackboard Benutzereingriffe: Wenn z.B. aus Gründen, die bei der Problemformulierung nicht beachtet wurden, bestimmte Finanzprodukte als Teillösung nicht in Frage kommen, läßt sich der entsprechende Lösungsknoten entfernen und das verteilte Problemlösen an dieser Stelle so neu starten, daß nur Finanzprodukte anderer Subdomänen beteiligt werden. Schließlich kann eine persistente Speicherung der Lösungsbäume verschiedener Konsultationen zum einen eine Unterbrechung und spätere Fortsetzung von Konsultationen ermöglichen und zum anderen eine Fallbasis bilden, aus der z.B. Agenten mit *case-based-reasoning*-Fähigkeiten oder Anwendungsexperten für zukünftige Problemlösungen lernen können.

Da das Blackboard ein *logischer* Speicher ist, impliziert dessen Implementierung nicht notwendigerweise Zentralität und damit möglicherweise eine Flaschenhalsproblematik: Physisch *verteilte* Blackboards sind denkbar und in der KI-Literatur eingehend gewürdigt [Velthuijsen 1992]; bei der Realisierung des ALLFIWIB-Prototyps wurde dieser Aspekt jedoch nicht weiter verfolgt, da bei der Prototypentwicklung insbesondere die grundsätzliche technische Realisierbarkeit gezeigt werden sollte und die Performanz bei einer Vielzahl nebenläufiger Problemlösungsprozesse nicht im Vordergrund der technischen Gestaltung stand. Vor allem aus Gründen der einfachen Beherrschung konkurrierender Blackboard-Zugriffe wurde eine zentrale Lösung mit einer relationalen Datenbank als Blackboard gewählt und somit das Transaktionsmanagement dem DBMS überlassen.

Von großer Bedeutung beim Systementwurf war es unseres Erachtens hingegen, ein echt *nebenläufiges* Blackboardsystem [Decker et al. 1993] zu konzipieren: Die dem Anwendungsgebiet inhärenten Verteilungsaspekte sowie die aufgrund der Komplexität zwingende Notwendigkeit, alternative und voneinander unabhängige Lösungspfade zu verfolgen, legen es nahe, Problemlösungsaktivitäten parallel durchzuführen. Da bei Verfolgung alternativer Pfade kein anwendungsspezifischer Koordinationsbedarf zwischen den Agenten besteht, kommt die Parallelisierung unmittelbar einer Beschleunigung des Problemlösungsprozesses zugute.² Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Entwurfsentscheidung, die Bedingungsteile sowie die komplexen Schlußfolgerungsteile der Agenten als jeweils autonome Teilsysteme zu konzipieren, die als eigenständige Rechnerprozesse nebenläufig Probleme prüfen bzw. bearbeiten können.

Im ALLFIWIB-Prototyp sind die Bedingungsteile der Agenten zur Laufzeit des Systems ständig aktive *demons*, die über alle eingehenden Probleme³ informiert werden und diese begutachten; die Schlußfolgerungsteile werden nur jeweils zur Problembearbeitung aktiviert. Über das nebenläufige Arbeiten mehrerer Agenten hinaus ist auch eine gleichzeitige mehrfache Ausführung des Schlußfolgerungsteils *eines* Agenten zur Bearbeitung verschiedener Probleme möglich. Bevor wir näher auf den Aufbau der Agenten - und ihre Einbindung in den Systemverbund - eingehen, verdeutlichen wir im folgenden den für ein koordiniertes

² *Technisch* bedingter Koordinationsbedarf folgt aus der o.g. Realisierung des Blackboards als zentraler Speicher (Transaktionsmanagement) sowie aus der Notwendigkeit des Scheduling der Problemlösungsaktivitäten auf die involvierten (kapazitätsbeschränkten) Prozessoren (vgl. hierzu die folgende Diskussion der Steuerungskomponente).

³ Es kann sich dabei um Probleme aus *mehreren* Konsultationen handeln, die nebenläufig durchgeführt werden können.

verteiltes Problemlösen erforderlichen Steuerungsfluß zwischen Bedingungs- und Schlußfolgerungsteilen.

Steuerungskomponente

Die (zentrale) Steuerungskomponente in verteilten Problemlösungsprozessen hat die grundsätzlichen Aufgaben der Terminierung tiefer Äste des Suchbaums und der Terminierung bei Beendigung aller Problemlösungsaktivitäten [Buhl et al. 1996]. Aus dem Entwurf als nebenläufiges Blackboardsystem und der in der Realität zu berücksichtigenden knappen Prozessorzeit folgt die weitere Aufgabe der Lastverteilung durch geeignetes Scheduling der Schlußfolgerungsteile auf die beteiligten Prozessoren. Schließlich ergibt sich aus der Implementierung des Blackboards als relationale (nicht-aktive) Datenbank die Notwendigkeit eines Triggermechanismus, der die Bedingungsteile der Agenten über neue Probleme auf dem Blackboard informiert. Daher gliedert sich die Steuerungskomponente in einen Event-, einen Agenda- und einen Load-Manager (vgl. Abb. 3).

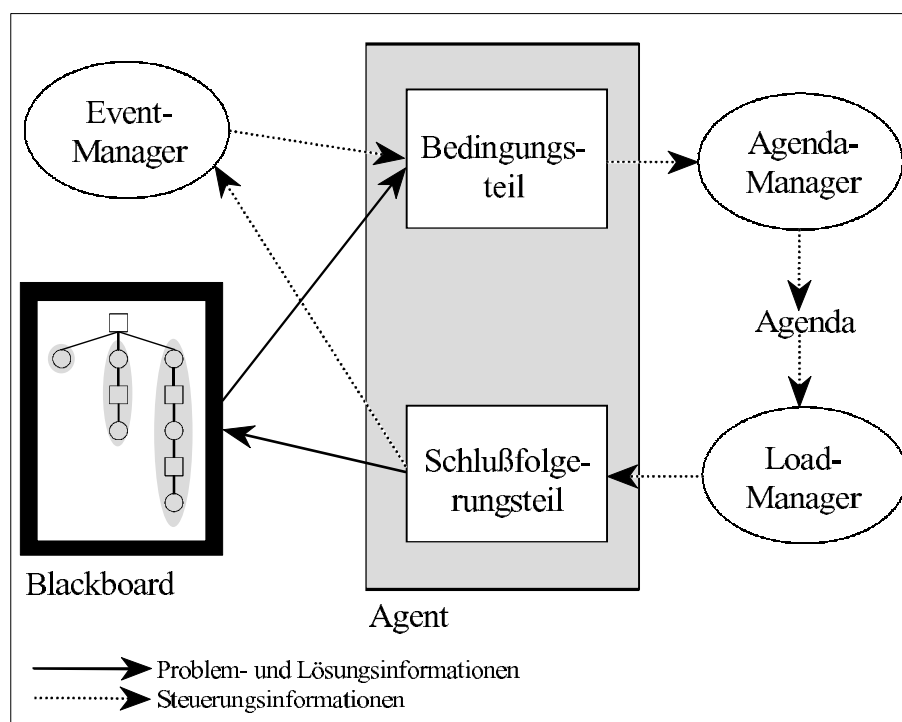


Abb. 3: Informations- und Steuerungsfluß (nach [Roemer 1994, S. 21])

Bei jedem Blackboardeintrag eines (Ausgangs-, Teil-, Rest-) Problems wird gleichzeitig der *Event-Manager* über dieses Ereignis informiert. Der Event-Manager sendet diese Nachricht an die Bedingungs- und Schlußfolgerungsteile aller Agenten. Der Event-Manager stellt somit die aktive Komponente dar, die das passive, eine reine Speicherungsfunktion übernehmende Blackboard ergänzt. Die Agenten müssen nicht selbst überprüfen, ob neue Probleme auf dem Blackboard eingetragen werden, sondern werden durch die Benachrichtigung des Event-Managers davon in Kenntnis gesetzt. Falls Agenten in den Systemverbund einbezogen werden oder aus ihm ausscheiden,⁴ benötigt der Event-Manager diese Information, um jeweils alle im System verfügbaren Agenten über Problemeinträge auf dem Blackboard benachrichtigen zu können; die übrigen Agenten benötigen diese Information nicht und sind insofern von Steuerungsaufgaben entlastet.

⁴ So ist es denkbar, aber im Prototyp nicht realisiert, Anlageagenten, die (weltweit) aktuelle Börseninformationen auswerten und unmittelbar in Kauf- oder Verkaufsempfehlungen umsetzen können, jeweils zu den Handelszeiten zu aktivieren und in den Systemverbund einzubeziehen.

Agenten bewerben sich über ihre Bedingungsteile um die Bearbeitung eines Problems beim *Agenda-Manager*, der die eingehenden Bewerbungen in einer Liste (Agenda) sammelt, priorisiert und so die Bearbeitungsreihenfolge steuert.⁵ Der *Load-Manager* schließlich liest die vom Agenda-Manager laufend aktualisierte Agenda, entfernt die Bewerbung mit der höchsten Priorität, startet den entsprechenden Schlußfolgerungsteil auf dem jeweils am geringsten ausgelasteten Rechner, um so für eine Lastbalancierung im Rechnernetz zu sorgen, und übermittelt ihm die notwendigen Informationen zur Identifikation des zu bearbeitenden Problems. Wenn alle eingegangenen Bewerbungen zur Bearbeitung von Problemen einer bestimmten Konsultation vom Load-Manager abgearbeitet worden sind und keine neuen Bewerbungen eingehen, wird das verteilte Problemlösen dieser Konsultation vom Agenda-Manager beendet und die Ergebnisdarstellung aufgerufen.

Agenten

Wie schon zuvor dargelegt, wurden die Bedingungs- und (komplexen) Schlußfolgerungsteile der Agenten als jeweils autonome Rechenprozesse realisiert. Weiterhin werden an diese Agententeile Anforderungen gestellt, die sie neben ihren subdomänenspezifischen Aufgaben erfüllen müssen (vgl. Abb. 3): Die Agenten müssen problemrelevante Informationen auf dem Blackboard lesen sowie Teillösungen und ggf. Rest- bzw. Teilprobleme auf das Blackboard schreiben können. Außerdem müssen sie auf Nachrichten der Steuerungskomponente im Problemlösungsprozeß geeignet reagieren (z.B. der Bedingungsteil auf die Nachricht über neue Problemeinträge im Blackboard) bzw. Nachrichten versenden (z.B. der Schlußfolgerungsteil bei Eintrag eines Restproblems). Dies führt zur Modellierung der Agenten bzw. der Bedingungs- sowie der Schlußfolgerungsteile nach dem *Mund-Kopf-Körper-Modell* (vgl. Abb. 4; [Steiner et al. 1992, S. 61]):

- Der *Körper* eines Agenten stellt die *Basisfunktionalität* sicher, d.h. er umfaßt die Problemlösungsfähigkeit des Bedingungs- bzw. Schlußfolgerungsteils in der jeweiligen Subdomäne.
- Für die Teilnahme am verteilten Problemlösen ist ein *kooperativer Überbau* notwendig. Er umfaßt hier Wissen sowohl über die formale Problem- und Lösungsrepräsentation im Blackboard als auch über die notwendigen Nachrichten im Problemlösungsprozeß zwischen den Agenten und der Steuerungskomponente. Dieses Wissen bildet den *Kopf* eines Agenten.
- Der *Mund* empfängt und versendet über geeignete Kommunikationskanäle die notwendigen Nachrichten. Als *Kommunikator* ermöglicht er z.B. aber auch Zugriffe auf das Blackboard oder operative Datenbanken eines Finanzdienstleisters. Der Mund führt somit die gesamte Kommunikation des Agenten mit seiner Umwelt aus (Informations- und Steuerungsfluß).

Das Mund-Kopf-Körper-Modell beinhaltet eine klare Trennung der eigentlichen Problemlösungsfähigkeit von den Kommunikations- und Kooperationsaufgaben.

⁵ Beispielsweise werden Bewerbungen des Agenten der Subdomäne Kombinationswissen hohe Prioritäten zugewiesen.

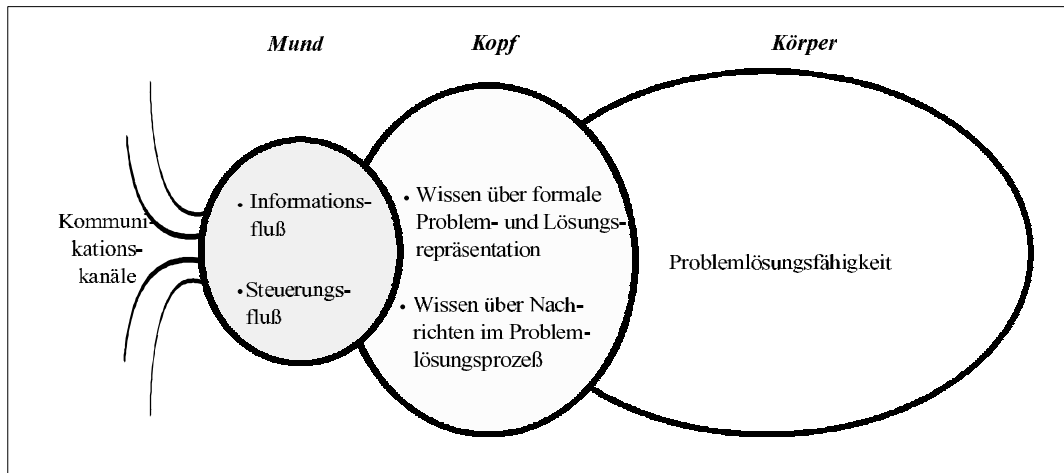


Abb. 4: Mund-Kopf-Körper-Modell (nach [Steiner et al. 1992, S. 61])

3. Erweiterung des Agentenverbunds

Anhand der Erweiterung des Agentenverbunds zeigen wir, daß eine auf dem Blackboard-Ansatz basierende Systemkonzeption insbesondere auch die Praxisanforderungen nach einfacher Modifizierbarkeit, Skalierbarkeit und Wartbarkeit des Systems gewährleistet. Dies ist umso wichtiger, als die verteilte Systemunterstützung im allgemeinen nicht „auf der grünen Wiese“ realisiert wird, sondern häufig für bestimmte Subdomänen schon Stand-alone-Beratungssysteme vorhanden sind.

Konzeption der Erweiterung des Agentenverbunds

Die modulare Struktur des Mund-Kopf-Körper-Modells unterstützt die Erweiterung - und damit auch die Veränderung und Wartung - des Agentenverbunds sowohl bei der Neuentwicklung von zusätzlichen Agenten als auch bei der Einbindung eines bestehenden Stand-alone-Systems als neuen Problemlöser in das verteilte System. Für die Einbindung neuer Agenten - gleichgültig, ob sie vollständig neu oder durch Reengineering bestehender Systeme entwickelt werden - kann eine *Agentenhülle* verwendet werden. Diese Agentenhülle stellt den *Steuerungsfluß* zwischen dem jeweiligen Bedingungs- und Schlußfolgerungsteil und der Steuerungskomponente im Problemlösungsprozeß sicher (vgl. Abb. 3). Sie enthält Wissen über die Semantik und Syntax der notwendigen Nachrichten, die dann nur noch auf den neuen Agenten angepaßt werden müssen. Die Agentenhülle nutzt damit die Modularität des Mund-Kopf-Körper-Modells, die es erlaubt, den Steuerungsfluß in den Modulen Mund und Kopf von der Problemlösungsfähigkeit abzutrennen, als generisches Modul für die Agenten weitgehend zu vereinheitlichen und somit als Hülle für neue Agenten wiederzuverwenden.

Soll ein Agent neu entwickelt oder ein bestehendes System als Agent in den Verbund eingebunden werden, so muß nun noch für Bedingungs- und Schlußfolgerungsteil der *Körper*, d.h. die Problemlösungsfähigkeit, in die Hülle eingefügt werden. Weiterhin ist die Einbindung der Agenten in den zugehörigen *Informationsfluß* erforderlich, der die relevante Problem- und Lösungsrepräsentation bei Zugriff auf das Blackboard sicherstellt. Bei der *Neuentwicklung* eines Agenten wird die Problemlösungsfähigkeit des Schlußfolgerungsteils des Agenten, z.B. ein wissensbasiertes System zur Kreditvertragskonfiguration, ebenso wie die Problemlösungsfähigkeit des Bedingungsteils des Agenten neu konzipiert und implementiert. Dabei kann die Problem- und Lösungsrepräsentation des Blackboards direkt berücksichtigt werden: Wenn der neu zu entwickelnde Agentenkörper problem- oder lösungsrelevante Daten benötigt oder ablegen möchte, werden diese Daten aus dem Blackboard gelesen oder dorthin in der für das verteilte Problemlösen vereinbarten Notation geschrieben.

Im Gegensatz dazu ist der Informationsfluß jedoch bei der *Integration eines bestehenden Stand-alone-Systems*⁶ als neuen Agenten in den verteilten Problemlösungsprozeß schwieriger zu gewährleisten. Die Problemlösungsfähigkeit - als Kern des *Altsystems* - soll erhalten bleiben und wird somit den Körper (die Basisfunktionalität) des neuen Agenten bilden, genauer den Körper des komplexen Schlußfolgerungsteils. Problem- und lösungsrelevante Daten werden üblicherweise in Stand-alone-Systemen in einer spezifischen Notation von dem Eingabe- bzw. Kundenanalyseteil an den Problemlösungsteil übergeben, beispielsweise über eine Datenbank, Datei oder Parameter bei Funktionsaufrufen. Genauso werden nach Beendigung des Problemlösens die lösungsrelevanten Daten zur Ausgabe bzw. Ergebnispräsentation bereitgestellt. Diese Datenübergaben müssen nun über das Blackboard - das einzige Kooperations- und Kommunikationsmedium im Agentenverbund - abgewickelt werden. Hierfür kann der Agentenkopf so entwickelt bzw. die Agentenhülle so erweitert werden, daß die Problem Daten nach dem Lesen aus dem Blackboard in die ursprüngliche Problem Darstellung des Altsystems transformiert und an den Agentenkörper zur Problembearbeitung übergeben werden. Umgekehrt ist die Lösungsdarstellung einschließlich eventueller Restprobleme von dem Problemlösungsteil des Altsystems, der jetzt den Agentenkörper bildet, zu übernehmen und nach der Transformation in der korrekten Notation ins Blackboard einzutragen. Die Datenzugriffe im Körper des neuen Agenten müssen also nicht verändert werden.

Die Problemlösungsfähigkeit des Altsystems bildet durch die Einbettung in eine Agentenhülle den Schlußfolgerungsteil des Agenten. Zu einem vollständigen Agenten im verteilten System fehlt nun noch der Bedingungsteil. Auch hier kann eine Agentenhülle den Steuerungsfluß für den Bedingungsteil des neuen Agenten bereitstellen. Einzig der Körper des Bedingungsteils muß bei der Integration eines bestehenden Systems in die verteilte Umgebung neu entwickelt werden, da ein Stand-alone-System i.a. kein Modul besitzt (bzw. aufgrund des ihm zugewiesenen speziellen Beratungsbereichs auch nicht besitzen muß), das vorab durch Begutachtung der Problemstellung entscheidet, ob es überhaupt Lösungen erstellen kann. Für diese Begutachtung können normalerweise einfache Regeln gefunden werden.

Bei der Erweiterung des Agentenverbunds durch Integration eines Altsystems ist noch ein weiterer wesentlicher Aspekt zu beachten, der sogar als Voraussetzung für eine sinnvolle Integration formuliert werden kann: Ein existierendes System muß der Dreiteilung des Angebotsprozesses in Kundenproblemerkennung, Problemlösung und Lösungspräsentation entsprechen, bzw. durch Restrukturierung muß diese Dreiteilung erreicht werden können.⁷ Aus dem bestehenden Anwendungssystem können dann das Problemformulierungs- sowie das Lösungspräsentationsmodul „herausgenommen“ und den jeweiligen Systemmodulen (Kundenanalyse und Ergebnisdarstellung) des verteilten Beratungssystems zugeordnet werden. D.h. es ist zu untersuchen, ob die Problemformulierung in der neuen Subdomäne spezielle Eingaben erfordert, die bisher in der Kundenanalyse nicht erfaßt wurden. Ist dies der Fall, so wird sie um die relevanten Fragestellungen erweitert. Die subdomänenspezifischen Aspekte der Lösungspräsentation werden in die Ergebnisdarstellung des Agentenverbundes so eingebunden, daß diese Funktionen zur genaueren Ergebnisauswertung aufgerufen werden können.

⁶ Integration wird hier nicht im Sinne einer Zentralisierung verstanden, sondern als Einbindung in eine bestehende verteilte Anwendungsarchitektur.

⁷ Andernfalls ist die Weiternutzung des Stand-alone-Systems in einem zukunftsgerichteten verteilten Beratungssystem generell nicht empfehlenswert, weil Modularität gerade in komplexen Problembereichen wie der Allfinanzangebotserstellung notwendige Voraussetzung z.B. für die Wart- und Erweiterbarkeit der Systemunterstützung ist.

Integration des FES-Agenten

Wir wollen die Leistungsfähigkeit des vorgestellten Konzepts am Beispiel der Integration des Stand-alone-Systems FES in das Agentensystem ALLFIWIB verdeutlichen. Bei der Realisierung des verteilten Beratungssystems ALLFIWIB war bereits ein Beratungssystem für die Subdomäne der Kauf-/Leasingentscheidung bei Mobilien vorhanden. Dieses System, FES - Financial Engineering System⁸, mußte - da eine Weiternutzung gewünscht war - in die verteilte Umgebung eingegliedert werden. Über die vorausgesetzte Dreiteilung des FES-Angebotsprozesses hinaus zeichnet sich FES durch klare Schnittstellen zwischen diesen Stufen bzw. den Systemmodulen aus, die die verschiedenen Stufen abbilden: Sämtliche Eingaben der Problemformulierung sowie die Ergebnisse der Problemlösung werden in einer relationalen Datenbank gespeichert - im folgenden FES-DB genannt; Datenübergaben zwischen den Modulen direkt sind somit nicht notwendig. Dies vereinfacht die Einbindung in den verteilten Angebotsprozeß erheblich, da hier keine Restrukturierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen.

Als erster Schritt wird die Kundenanalyse um spezielle Eingaben der Subdomäne Kauf-/Leasingentscheidung (z.B. bezüglich der Robustheit oder der Weiterverkaufbarkeit des betrachteten Objekts) erweitert. Genauso werden die subdomänenspezifischen Aspekte der Lösungspräsentation, beispielsweise die Darstellung der verschiedenen Optionen eines Leasingvertrags oder der Vertragsauswirkungen (Liquiditätsverlauf, Steuerzahlungen, ...) über die Vertragslaufzeit, in die Ergebnisdarstellung eingebunden. Bei der Integration der Problemlösungsfähigkeit als Agentenkörper des neuen Schlußfolgerungsteils wird das oben entwickelte Konzept der Agentenhülle genutzt. Diese Hülle stellt, wie dargestellt, nach den erforderlichen Anpassungen den Steuerungsfluß zwischen dem FES-Agent und der Steuerungskomponente sicher. Der Informationsfluß kann bei der Integration von FES wesentlich einfacher gestaltet werden, als in der allgemeinen Konzeption der Erweiterung beschrieben: Die Zugriffe auf problem- und lösungsrelevante Daten können auf einfache Weise im Agentenkörper von der ursprünglichen FES-DB auf das Blackboard verändert werden. Hierdurch wird die Redundanz dieser Daten in FES-DB und Blackboard vermieden, die in Kauf genommen werden müßte, wenn die Zugriffe des Agentenkörpers nicht verändert werden und der Kopf die Transformation ins Blackboard vollzieht. Für den Bedingungsteil kann ebenfalls eine Agentenhülle wiederverwendet werden. Einzig der Körper des Bedingungsteils, der die Problemstellungen auf ihre Lösbarkeit durch den FES-Agenten hin untersucht, muß hier neu entwickelt werden. Für diese Problembegutachtung wird als einfache Regel implementiert, ob die Problemlösungsfähigkeit von FES überhaupt anwendbar ist, d.h. ob es sich bei der Problemstellung um ein Finanzierungsproblem einer Mobilie handelt.

Insgesamt bieten das Mund-Kopf-Körper-Modell sowie die Konzeption als blackboardbasiertes Agentensystem aufgrund der klaren Schnittstellen für Kommunikation und Kooperation die Voraussetzungen für eine Erweiterbarkeit des verteilten Systems um neue Agenten bzw. aus Sicht der weitergenutzten Stand-alone-Systeme für integrationsorientiertes Reengineering.⁹ Die Möglichkeit, durch Reengineering bestehende Anwendungssysteme in einem verteilten Problemlösungsprozeß weiternutzen zu können, erweitert die Anwendbarkeit des Agentenansatzes von Systementwicklungen auf der grünen Wiese hin zu bestehenden Systemumgebungen.

4. Bewertung und Ausblick

⁸ Für eine ausführliche Darstellung der Konzeption von FES vgl. [Weinhardt et al. 1994].

⁹ Korrekt müßte man von selektivem integrationsorientiertem Reengineering sprechen, weil aufgrund von ökonomischen Restriktionen eine vollständige Integration nicht immer durchgeführt werden kann [Eicker et al. 1992, S. 139].

Das vorgestellte Konzept eines blackboardbasierten Agentensystems bietet eine tragfähige Grundlage, um eine ganzheitliche Systemunterstützung der Finanzberatung zu erreichen. VKI-Methoden und -Ansätze haben sich bei der Systemkonzeption als sehr nützlich erwiesen, insbesondere

- der *Agenten*-Ansatz, mit dessen Hilfe komplexe finanzwirtschaftliche Problemlösungen durch kooperierende (KI-)Systeme nebenläufig bearbeitet werden können,
- das *Mund-Kopf-Körper*-Modell, das insbesondere die Wiederverwendung bestehender Systeme erleichtert, und
- der *Blackboard*-Ansatz, der die im Sinne einer ganzheitlichen Systemunterstützung erforderliche Ergebnispräsentation aufgrund der Protokoll-Funktion des Blackboards auf natürliche Weise unterstützt sowie ferner die Konzeption einer „Minimalschnittstelle“ für die Agentenkommunikation ermöglicht und somit die erwünschte Wartbarkeit und Erweiterbarkeit des Gesamtsystems erleichtert.

Die prototypische Realisierung des Systems ALLFIWIB demonstriert die praktische Machbarkeit und Eignung der vorgestellten Systemkonzeption: Als Hardware werden (Ethernet-vernetzte) PCs eingesetzt, als Betriebssystemplattform wird derzeit OS/2 Warp verwendet, zur Realisierung des Blackboards das relationale Datenbanksystem IBM DB2/2. Die Entwicklung von Agenten erfolgte mit dem hybriden, Regelbasierung und Objektorientierung umfassenden KI-Werkzeug Trinzic ADS/PM. Das System beinhaltet fünf neuentwickelte Fachagenten für die Domänen festverzinsliche Wertpapiere, Immobilienleasing, Kredit, Aktien und Lebensversicherungen sowie einen Kombinationsagenten. Ferner wurde unter Nutzung von ADS/PM eine Schnittstelle zur Einbindung des Stand-alone-Systems FES als weiteren Fachagent entwickelt. Die Module der Steuerungskomponente wurden in C sowie unter Nutzung des Distributed Computing Environment (DCE) als offener Industriestandard entwickelt. Die gesamte Funktionalität von ALLFIWIB konnte damit unter ausschließlicher Nutzung von Standard-Werkzeugen und -Schnittstellen realisiert werden.

Daß der Blackboard-Ansatz durch seine Erweiterbarkeit auch zur *Unterstützung flexibler Organisationsformen* gut geeignet ist, zeigt sich in einer jüngst realisierten Erweiterung des ALLFIWIB-Prototyps: Über ISDN ist nun eine Verteilung der Systemkomponenten auch über die Grenzen eines LAN hinweg möglich. Neben einem bloßen Client-Server-basierten dezentralen Präsentieren wird auch verteiltes, LAN-übergreifendes Problemlösen unterstützt. Die transparente Einbindung eines (Versicherungs-) Außendienstes kann damit genauso wie die transparente Kopplung mehrerer LANs (Bank und Versicherung, ...) durch einfaches Hinzufügen der entsprechenden Rechneradressen in eine Konfigurationsdatei - ohne weitere Anpassung auch nur einer Systemkomponente - erreicht werden.

Übertragung der Konzepte auf den Direktvertrieb von Finanzdienstleistungen¹⁰

Aus diesen Erfahrungen heraus ist die Übertragung der Konzepte auf die Systemunterstützung des Direktvertriebs von Finanzdienstleistungen via Internet/WWW (plus Telefon zur - erforderlichen - Sprachkommunikation) naheliegend. Dies ist u.a. Inhalt eines Projekts, das der Lehrstuhl für BWL mit Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik der Universität Augsburg derzeit gemeinsam mit der Advance Bank AG, München, durchführt. Die Finanzberatung via Telefon und WWW erfordert insbesondere, daß sowohl der Kunde als auch der Berater im Call Center der Bank zeitlich synchron auf Problem- und Lösungsrepräsentationen zugreifen können. Zudem sollten nach einer Änderung (z.B. Hinzufügen einer neuen Lösung) die geänderten Daten der jeweiligen Gegenseite schnell vorliegen. Hier bewährt sich die Konzeption

¹⁰ Die Konzepte dieses Abschnitts werden in [Roemer/Buhl 1996] entwickelt und ausführlich diskutiert.

von ALLFIWIB hervorragend: Das Blackboard als Speicher von Problemen und Problemlösungen stellt den zentralen Ort bereit, auf den Kunde und Berater interaktiv zugreifen können. Der Event-Manager informiert die jeweilige Gegenseite über Änderungen im Blackboard, so daß ein aktives „polling“ der Blackboard-Datenbank vermieden wird. Der Agentenansatz erleichtert zudem, daß für Kunde und Berater jeweils ein eigenes Front-End (das jeweils die Funktionalität von Kundenanalyse- und Ergebnisagent umfaßt) zum Zugriff auf die jeweils benötigten Daten entwickelt und eingesetzt werden kann. Ferner wird durch die Blackboard-Konzeption die aus Sicherheitsgründen für die Bank unabdingbare Trennung zwischen dem Internet/WWW und den internen Netzen der Bank gewährleistet; das Blackboard übernimmt die logische Funktionalität einer *firewall* zur Trennung interner und externer Netze. Schließlich ermöglicht die Protokollfunktion des Blackboards dem Kunden und Berater die Unterbrechung einer Sitzung; dies dürfte die Bedienfreundlichkeit und die Bindung des Kunden an die Direktbank deutlich erhöhen.

Die Erfahrungen mit der Realisierung des ALLFIWIB-Prototyps, seiner Erweiterung sowie mit der Übertragung der Konzepte und Ergebnisse in die Praxis (des Direktbanking) bestärken uns in der Auffassung, daß KI-Methoden und -Ansätze die herkömmlichen Konzepte des Software Engineering für betriebswirtschaftliche Anwendungssysteme sinnvoll ergänzen können und sollten.

Literatur

- Buhl, H. U.; Roemer, M.; Sandbiller, K.: Verteiltes Suchen und Erkennen zur Erstellung von Finanzdienstleistungen. In diesem Heft.
- Decker, K.; Garvey, A.; Humphrey, M.; Lesser, V.: Control Heuristics for Scheduling in a Parallel Blackboard System. Disc.paper, Dep. of Computer Science, University of Massachusetts, Amherst 1993.
- Eicker, S.; Kurbel, K.; Pietsch, W.; Rautenstrauch, C.: Einbindung von Software-Altlasten durch integrationsorientiertes Reengineering. In: Wirtschaftsinformatik 34 (1992) 2, S. 137-145.
- Feller, H.; Karagiannis, D.; Klos, H.: Wissensbasierte Systeme bei Banken und Versicherungen. In: Heilmann, W.-R. et al. (Hrsg.): Geld, Banken und Versicherungen 1990/Band II. Versicherungswirtschaft, Karlsruhe 1992, S. 1677-1703.
- Roemer, M.: IT-Unterstützung zur Erstellung wettbewerbsorientierter Allfinanzangebote - Konzeption und prototypische Realisierung. In: Wirtschaftsinformatik 36 (1994) 1, S. 15 - 24.
- Roemer, M.; Buhl, H. U.: Das World Wide Web als Alternative zur Bankfiliale: Gestaltung innovativer IKS für das Direktbanking, erscheint in: Wirtschaftsinformatik 38 (1996) 6.
- Roßbach, P.: Supporting the Process of Customer Consulting in the Field of Financial Services. In: International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Management, and Finance 4 (1995) 4, S. 259 - 272.
- Steiner, D.; Haugeneder, H.; Kolb, M.; Bomarius, F.; Burt, A.: Mensch-Maschine Kooperation. In: Künstliche Intelligenz 6 (1992) 1, S. 59-63.
- Velthuisen, H.: The Nature and Applicability of the Blackboard Architecture. PTT Research, Maastricht 1992.
- Weinhardt, C.; Detloff, U.; Gomer, P.; Krause, R.; Schneider J.: IV-Unterstützung in der Finanzierungsberatung - Integration von Methoden und Paradigmen. In: Wirtschaftsinformatik 36 (1994) 1, S.5-14.
- Will, A.: Die Erstellung von Allfinanzprodukten: Produktgestaltung und verteiltes Problemlösen. Gabler, Wiesbaden 1995.