



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

UNIA
Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-5

Verteiltes Suchen und Erkennen zur Erstellung von Finanzdienstleistungen

von

Hans Ulrich Buhl, Mark Roemer, Klaus Sandbiller

Februar 1996

in: KI Künstliche Intelligenz, 10, 4, 1996, S.17-25

Verteiltes Suchen und Erkennen zur Erstellung von Finanzdienstleistungen

Hans Ulrich Buhl, Mark Roemer und Klaus Sandbiller

Die Erstellung individueller Finanzdienstleistungen ist eine Problemstellung, die zwar eine große Bedeutung für die Effizienz der volkswirtschaftlichen Kapitalverwendung besitzt, für die es aber bisher keine überzeugende Systemunterstützung gibt. In diesem Beitrag wird deshalb aufbauend auf Methoden der (Verteilten) Künstlichen Intelligenz ein allgemeiner Lösungsansatz abgeleitet, der als Ausgangspunkt für eine Entwicklung leistungsfähiger finanzwirtschaftlicher Anwendungssysteme dienen kann.

1. Einleitung

Familie K. Nickel möchte aus den beengten Verhältnissen ihrer Mietwohnung in ein eigenes Haus mit kleinem Garten ziehen. Den zum Kauf des Hauses erforderlichen Geldbetrag von 350.000 DM kann Familie Nickel heute aus ihrem Vermögen nicht aufbringen. Um schon heute über 350.000 DM verfügen zu können und damit in den Genuß des gewünschten Wohnkomforts zu kommen, ist die Familie bereit, zukünftig monatlich auf einen Teil ihres Einkommens zu verzichten. Ihr Ziel ist es, die monatliche Belastung möglichst gering zu halten.

In einer arbeitsteiligen Volkswirtschaft haben die Akteure (private Haushalte, Unternehmungen, etc.) laufend derartige *Finanzprobleme* zu lösen: Durch Geldaufnahme und -anlage sind leistungswirtschaftliche Aktivitäten, wie Konsum oder Investition, so über die Zeit zu verteilen, daß sie den individuellen Präferenzen entsprechen. Wirtschaftliche Aktivitäten werden in dieser Sichtweise durch eine Zeitfolge von Zahlungen (also Geldbewegungen) abgebildet. Das Finanzproblem eines Akteurs hat damit folgende Gestalt: Gegeben sei als Ausgangszustand ein von einem Akteur gewünschter Verlauf von Zahlungen über die Zeit (Zahlungsmuster). Zielzustand ist ein Zahlungsstrom, der dem gewünschten Zahlungsmuster entspricht und der durch ein oder mehrere Finanzprodukte generiert wird. Aufgabe ist es, durch die Anwendung von finanzwirtschaftlichem Wissen auf die Ausgangssituation ein oder mehrere Finanzprodukte so zu erstellen, daß eine Zusammenfassung der den Finanzprodukten zugeordneten Zahlungsströme genau dem vom Akteur gewünschten Zahlungsmuster entspricht (Zielzustand). Die Güte derartiger *Allfinanzangebote* - die Lösungen des Finanzproblems - kann dann mit Hilfe eines geeigneten finanzwirtschaftlichen Bewertungskriteriums¹ gemessen und die Angebote somit verglichen werden.

¹ Ein entsprechendes Beurteilungskriterium (unter Berücksichtigung der Konsumpräferenz) ist z.B. der Barwert eines Zahlungsstromes, bei dem künftige Zahlungen mit heutigen vergleichbar gemacht werden, indem sie verzinslich auf den heutigen Zeitpunkt bezogen werden.

Die Aufgabe der Erstellung von Allfinanzangeboten wird in einer arbeitsteiligen Volkswirtschaft in der Regel durch Finanzintermediäre - insbesondere Banken und Versicherungen - erfüllt², die im Rahmen eines Allfinanzangebotsprozesses entsprechende Zahlungsströme liefern und systematisch Lösungen zu Finanzproblemen erarbeiten. Die Güte dieser Problemlösungen ist mitentscheidend für die Effizienz der volkswirtschaftlichen Kapitalallokation und stellt unter wettbewerbspolitischen Gesichtspunkten einen wesentlichen Bestimmungsfaktor der Wettbewerbsfähigkeit des (*Finanz-*) *Standorts Deutschland* dar.

Offensichtlich bildet eine hinreichende *Angebotsbreite* die notwendige Grundlage zur Erstellung wettbewerbsfähiger Allfinanzangebote. Schließlich erfordert die Vielzahl unterschiedlicher Kundenbedürfnisse und Datenkonstellationen eine Auswahl unterschiedlich ausgestatteter Finanzprodukte und geeignete Kombinationsmöglichkeiten für diese Produkte.

Ein so gegebener Lösungsraum für Finanzprobleme - bestehend aus einer (Teil-) Menge von Anlagefonds, Anleihen, Aktien, Krediten, Leasingvarianten, Bausparverträgen, Versicherungsdienstleistungen etc. und deren möglichen Kombinationen - verdeutlicht die Komplexität der Problemstellung: Vielfältiges Produkt-Know-how sowie Wissen über mögliche Kombinationen sind erforderlich. Diesem Kombinationswissen kommt bei der Erstellung kundenindividueller Allfinanzangebote eine zentrale Bedeutung zu, da gerade die Interdependenzen und Wechselwirkungen der Finanzprodukte wesentliche Bestimmungsfaktoren für die Vorteilhaftigkeit von kombinierten Lösungen darstellen. Die damit gegebene *Angebotstiefe* umfaßt vor allem die rechtlichen Zusammenhänge bei gemischten Angeboten sowie die steuerlichen Implikationen kombinierter Lösungen.

Da sich die Eigenschaften solcher Lösungen in der Regel nicht ohne weiteres aus den Eigenschaften der einzelnen Finanzprodukte ableiten lassen (im Sinne einer einfachen Aggregation), gestaltet sich die Erstellung kombinierter Allfinanzangebote nach der Terminologie von [Simon 1969] als nicht-triviale und komplexe Problemstellung, die die Fähigkeiten des einzelnen Problemlösers (Kundenberater, etc.) bei weitem übersteigt und damit einer ganzheitlichen Systemunterstützung bedarf.

In diesem Artikel wollen wir unter Nutzung von KI-Methoden einen allgemeinen Lösungsansatz für eine leistungsfähige und praxisrelevante Systemunterstützung ableiten, die die Komplexität und Methodenvielfalt bei der Erstellung kundenorientierter Allfinanzangebote zum Beratungszeitpunkt beherrschbar macht. Dazu wird im folgenden Kapitel der Allfinanzangebotsprozeß genauer untersucht, um daraus Merkmale und Anforderungen abzuleiten, die bei der Entwicklung eines Lösungskonzepts zu

² Zukünftig werden diese Finanzintermediäre ihre Tätigkeit zunehmend über elektronische Märkte auf (globalen) Rechnernetzen wahrnehmen, z.B. <http://www.esi.co.uk>.

berücksichtigen sind. Anschließend wird in Kapitel 3 die Kombination von Finanzprodukten als verteilter heuristischer Such- und Erkennungsprozeß modelliert, und in Kapitel 4 die Eignung des Blackboard-Ansatzes als Basis für die Entwicklung leistungsfähiger finanzwirtschaftlicher Anwendungssysteme identifiziert und diskutiert. Der Beitrag schließt mit einer Bewertung der Eignung von KI-Methoden im Anwendungsgebiet.

2. Charakteristika des Allfinanzangebotsprozesses

Im Hinblick auf eine adäquate Modellierung des Allfinanzangebotsprozesses und hinsichtlich des geeigneten Methodeneinsatzes ist zunächst der zu unterstützende Prozeß in feiner granulいたe Prozeßstufen bzw. -phasen zu untergliedern. Abbildung 1 verdeutlicht, daß zu Beginn die eigentliche finanzielle Problemstellung des Kunden unter Berücksichtigung seiner individuellen Zielvorstellungen sowie seiner Präferenzstruktur ermittelt und formuliert werden muß. Die nächste Stufe und gleichsam der Kern des Angebotsprozesses besteht in der Selektion, Konfiguration und Kombination geeigneter Finanzprodukte derart, daß der gegebenen Problemstellung des Kunden möglichst „gut“ begegnet werden kann (Phase Problemlösung). Eine solchermaßen ermittelte Lösung muß schließlich in einer weiteren Phase dem Kunden präsentiert, begründet und vermittelt werden. Die erforderliche Bereitstellung von unterschiedlichen Finanzprodukten (die den möglichen Lösungsraum aufspannen) stellt die Basis des Problemlösungsprozesses dar.

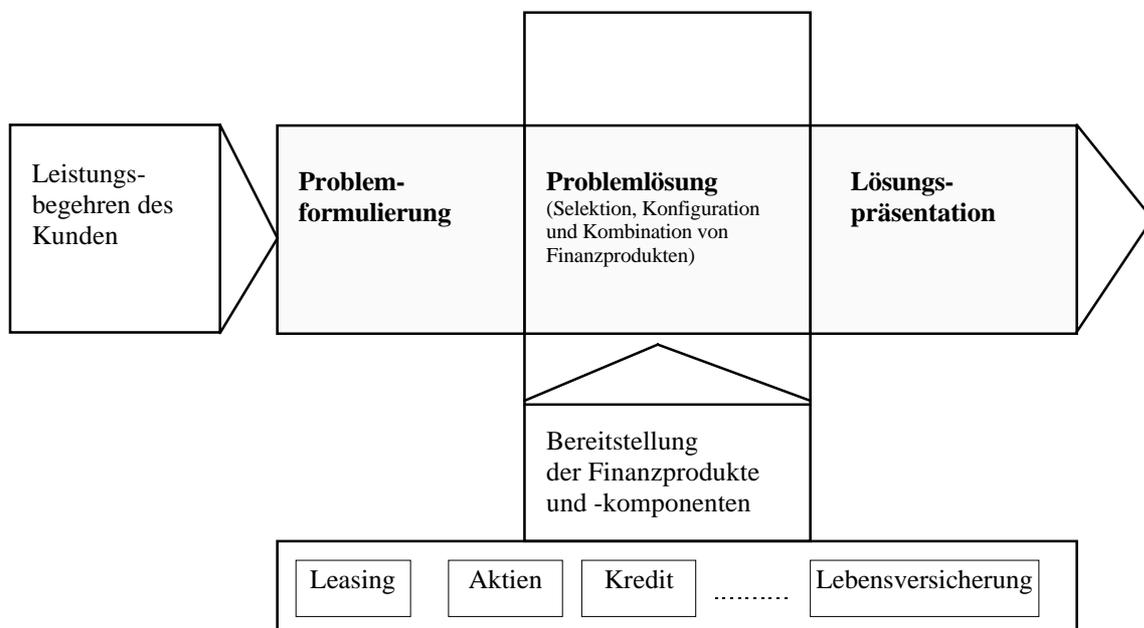


Abb. 1: Stufen des Allfinanzangebotsprozesses

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der skizzierten Phasen ist unmittelbar einsichtig, daß zu deren systemtechnischer Unterstützung sinnvollerweise speziell zugeschnittene Modellie-

rungs- und Lösungstechniken Anwendung finden sollten, die die Besonderheiten der jeweiligen betriebswirtschaftlichen Problemstellung explizit berücksichtigen: Beispielsweise läßt sich die Ausgangsphase der Problemformulierung in der Regel nur schwer strukturieren. Ein wesentlicher Grund dafür liegt in der zumeist ungenügenden Spezifikation des eigentlichen Kundenproblems. Die meisten Kunden sind nicht in der Lage, ihr Problem zieladäquat selbst zu formulieren: Die geäußerten Zielsetzungen und Anforderungen an eine Problemlösung sind oftmals vage, unvollständig und z.T. sogar widersprüchlich. Als Beispiele können hier Risikopräferenzen oder Vorstellungen über die Ausgestaltung der Altersvorsorge genannt werden. Ebenso wenig sind die Kundenberater der Finanzintermediäre dazu ausgebildet, die Kundenziele zu ermitteln und in eine konkrete, strukturierte Problemstellung zu transformieren [Buhl et al. 1993, S. 268]. Bei der Ableitung der Kundenproblemstellung, deren Güte die Qualität des gesamten Lösungsprozesses determiniert, handelt es sich demnach um eine Aufgabe, bei der Fachwissen, berufliche Erfahrung, Heuristiken sowie die Verarbeitung von vagem Wissen in besonderem Maße erforderlich sind und mithin der Einsatz von KI-Methoden naheliegt. Demgegenüber kann die Lösung eines solchermaßen formulierten Finanzproblems in der nächsten Phase die Verwendung prozeduraler Ansätze erfordern, um beispielsweise mit Hilfe leistungsfähiger numerischer Optimierungsalgorithmen das optimale Aktienportfolio als Lösung des Anlageproblems des Kunden zu finden.

Neben diese strukturellen Unterschiede *zwischen* einzelnen Phasen tritt darüber hinaus die Heterogenität *innerhalb* der jeweiligen Phase des Allfinanzangebotsprozesses: Für das Auffinden von Angebotskombinationen als Lösung allgemeiner finanzwirtschaftlicher Problemstellungen existiert (derzeit) keine einheitliche algorithmische Vorgehensweise, die global optimierte Lösungen, d.h. optimale Allfinanzangebote (Kombinationen von Finanzprodukten), generieren könnte. Auf dieser Ebene ist „lediglich“ *satisfizierendes Problemlösen* möglich; das bedeutet im vorliegenden Kontext, eine bessere bzw. höherwertige Lösung zu finden, als sie derzeit über Standardprodukte angeboten wird. Während die Komplexität der Lösungsbausteine bzw. der Finanzprodukte sowie deren vielfältige Wechselwirkungen untereinander also einen zentralen Optimierungsansatz verhindern, können in Teilbereichen Optimierungsverfahren sehr wohl vorteilhaft zur Anwendung kommen. Die oben angesprochene Bildung von Aktienportfolios mittels Methoden der Portfolio Selection ist ein solcher Fall [Markowitz 1959]. In anderen Produktbereichen ist indessen der Einsatz anderer Problemlösungsmethoden vorteilhaft: Betrachtet man die Struktur von Kreditverträgen, so lassen sich verschiedene Komponenten wie Vertragsdauer, Disagio, Zins- und Tilgungsverlauf, etc. identifizieren. Diese Zerlegbarkeit spricht für die Problemlösungsmethode der Konstruktion bzw. Konfiguration, bei der „verfügbare Basiselemente ausgewählt, parametrisiert und zu einem Lösungsobjekt zusammengesetzt werden, das gewünschte Eigenschaften erfüllt“ [Puppe 1990, S. 129]. Ähnliche Eigenschaften weisen Versicherungs- und Leasingverträge

auf. Für standardisierte, marktgehandelte Finanzprodukte wie festverzinsliche Wertpapiere gilt hingegen, daß sie (in der Regel) nicht zerlegt werden können, sondern als Einheit bewertet werden müssen. Somit stellt in diesem Fall die Klassifikation bzw. Selektion die geeignete Problemlösungsmethode dar, bei der die Lösung aus einer Menge vorgegebener Alternativen ausgewählt wird.³

Die Analyse des Allfinanzangebotsprozesses zeigt, daß die einzelnen Stufen verschiedenartige Charakteristika aufweisen, die gänzlich unterschiedliche Methoden wie Optimierungsalgorithmen oder KI-Techniken erfordern. Jede Methodik besitzt naturgemäß komparative Vorteile für jene Problemstrukturen, auf die sie jeweils speziell zugeschnitten ist. Demzufolge wäre es wenig sinnvoll, den gesamten Allfinanzangebotsprozeß mittels eines monolithischen Systems zu unterstützen. Es ist vielmehr erforderlich, die verfügbaren Methoden *nebeneinander* dort zum Einsatz zu bringen, wo sie ihre komparativen Vorteile besitzen, und damit für ein Gesamtsystem nutzbar zu machen.

Darüber hinaus ist der Allfinanzangebotsprozeß in einen institutionellen Rahmen eingebettet, der die bereits skizzierten Phasen bzw. Aufgabenbereiche einer Phase unterschiedlichen Akteuren bzw. Institutionen zuordnet: In der Regel werden Anlage-, Kredit- und Versicherungsprodukte als Bestandteile eines Bündels von Finanzprodukten durch verschiedene und getrennt agierende Einheiten erstellt. In diesem Sinne ist die Erstellung von kombinierten Allfinanzangeboten als ein arbeitsteiliger Prozeß charakterisiert, dessen verteilte institutionelle Strukturen und Abläufe keineswegs nur „historisch“ gewachsen, sondern vielmehr durch betriebswirtschaftliche und (aufsichts-) rechtliche Determinanten bestimmt sind [Buhl 1992, S. 741f.]. Beispielsweise müssen Bank- und Versicherungsgeschäfte von rechtlich getrennten Unternehmen betrieben werden⁴ und zudem gelten unterschiedliche Aufsichtssysteme. Produkt-Verantwortung sowie Produkt-Know-how bzw. Spartenwissen sind dementsprechend ebenfalls getrennt und damit verteilt. Als Folge dieser gesetzlichen Regelungen kann ein Allfinanzangebot als Kombination von Bank- und Versicherungsleistungen lediglich durch den Vertrieb oder die Vermittlung realisiert werden [Koch 1988, S. 315f.]. Generell führt die (organisatorische) Trennung von Leistungserstellung und Vertrieb sowie eine damit zusammenhängende Aufgabenverteilung zu einem weiteren Verteilungsaspekt: Während das Spartenwissen in erster Linie bei den Leistungserstellern liegt, muß das zur Erstellung vorteilhafter, kombinierter Angebote notwendige spartenübergreifende Kombinationswissen beim Vertrieb und an allen weiteren Schnittstellen zum Kunden dezentral verfügbar sein. Insofern liegen die zur Problemlösung relevanten Wissensbereiche in der Regel getrennt vor. Das Pro-

³ Wir sprechen im folgenden vereinfacht nur von der *Erstellung* von Finanzprodukten. Dies umfaßt sowohl die *Konfiguration* als auch die *Selektion*.

⁴ Nach § 1 Abs. 1 KWG dürfen Kreditinstitute ausschließlich solche Bankgeschäfte betreiben, die im darauffolgenden unter den Nummern 1-9 explizit aufgeführt sind, während Versicherungsunternehmen nach § 7 Abs. 2 VAG nur Versicherungsgeschäfte und solche, die damit in unmittelbarem Zusammenhang stehen, betreiben dürfen.

blem der Allfinanzangebotserstellung besitzt demnach eine inhärent verteilte Struktur, die ein verteiltes Problemlösen nahelegt.

3. Modellierung der Phase Problemlösung als verteilten Such- und Erkennungsprozeß

Bevor eine alle Phasen umfassende Systemunterstützung für die Allfinanzangebotserstellung realisiert werden kann, ist die zentrale Phase *Problemlösung*, in der die Erstellung von Allfinanzangeboten als kundenindividuelle Selektion, Konfiguration und Kombination von Finanzprodukten erfolgen muß, genauer zu modellieren. Aus Kapitel 2 können bereits drei Aussagen getroffen werden, die für die Modellierung der Phase Problemlösung bzw. des Problemlösungsprozesses unabdingbar zu berücksichtigen sind:

1. Gegeben ist als Ausgangszustand der Phase des Problemlösens ein formalisiertes finanzwirtschaftliches Kundenproblem (vgl. Abb. 1) als ein vom Kunden gewünschter Verlauf von Zahlungen über die Zeit (Zahlungsmuster). Zielzustände als Ergebnis der Problemlösung sind Zahlungsströme, die dem vom Kunden gewünschten Zahlungsmuster entsprechen und die durch Kombinationen von Finanzprodukten erzeugt werden. Damit lassen sich sowohl finanzwirtschaftliche Probleme als auch einzelne Finanzprodukte einheitlich als (gewünschte bzw. angebotene) Zahlungsströme repräsentieren [Will 1995, S. 134 ff.].
2. Es existiert (derzeit) kein vollständiges Kombinationswissen, wie Finanzprodukte einzelner finanzwirtschaftlicher Sparten bzw. genauer Subdomänen (Leasing, Kredit, Aktien usw.) methodisch so erstellt und zu einem maßgeschneiderten Allfinanzangebot kombiniert werden können, daß aus Kundensicht das „optimale“ Allfinanzangebot erstellt wird. Dies impliziert, daß es nicht generell möglich ist, die komplexe Problemstellung Allfinanzangebotserstellung *ex ante* so in einfachere Teilprobleme zu zerlegen, daß die Synthese der Teillösungen notwendigerweise zu einem optimalen Allfinanzangebot - und damit zu einer optimalen Lösung des Kundenproblems - führt.
3. Eine Systemunterstützung für die kundenindividuelle Erstellung und Kombination von Finanzprodukten zu einem Allfinanzangebot muß notwendigerweise die explizite institutionelle und funktionale Verteilung von Wissen und Daten in der Domäne Allfinanzangebotserstellung berücksichtigen. Nur durch Konzeption der Systemunterstützung als verteiltes System können die spezifischen Problemlösungsmethoden der einzelnen Subdomänen adäquat genutzt und die oben abgeleiteten Praxisanforderungen erfüllt werden.

In Konsequenz der ersten beiden Aussagen ist das Problem der Erstellung von Allfinanzangeboten als *Konstruktionsproblem* zu charakterisieren: Aus Lösungselementen - den Finanzpro-

dukten - ist eine Lösung - eine Kombination von Finanzprodukten - so zu konstruieren, daß der vom Kunden gewünschte Zahlungsstrom erzeugt wird. Da für diese Problemstellung nach Aussage 2 keine *starken* Problemlösungsmethoden bekannt sind, ist der Problemlösungsprozeß hier zunächst allgemein als *Suchprozeß* zu modellieren. In diesem Suchprozeß sind heuristisch in dem implizit aufgespannten Raum aller Allfinanzangebote, die ein gegebenes Kundenproblem lösen, gute Allfinanzangebote zu suchen.

Für die Modellierung von Suchprozessen kann nach [Kaindl 1994, S. 82] der Formalismus des Produktionssystems [Nilsson 1980] herangezogen werden, nach dem drei Dimensionen zu spezifizieren sind: i) die Datenbasis, die zu jedem Zeitpunkt den während der Suche vorliegenden Datenbestand⁵ umfaßt, ii) eine Menge an Produktionsregeln, die aus einem Bedingungsteil und einem Schlußfolgerungsteil aufgebaut sind und die durch Ausführung ihrer Schlußfolgerungsteile Elemente der Datenbasis erzeugen, und iii) das Kontrollsystem, das über die Anwendung ausführbarer Produktionsregeln entscheidet und die Suche beendet, wenn eine gegebene Endebedingung erfüllt ist. Suche bedeutet in diesem Formalismus nichts anderes als den Prozeß der wiederholten Anwendung von Produktionsregeln zur Erreichung von Zielzuständen; der Suchprozeß endet, wenn die Endebedingung erfüllt ist.

Übertragen auf den Kontext der Allfinanzberatung kann der Problemlösungsprozeß (vgl. Aussage 1) unter Verwendung dieses Formalismus konkretisiert werden: Durch Anwendung von finanzwirtschaftlichem Wissen (Produktionsregeln) auf das in der Datenbasis formal durch eine Menge fallspezifischer Fakten zu repräsentierende Kundenproblem (Ausgangszustand) werden schrittweise Finanzprodukte erstellt und als neue Elemente der Datenbasis hinzugefügt, bis die gesuchten Zielzustände erreicht sind. Eine Lösung in diesem Suchprozeß ist also eine solche Folge der Ausführung von Produktionsregeln, die eine Kombination von Finanzprodukten (Zielzustand) erstellt, die das vom Kunden gewünschte Zahlungsmuster erzeugt.

Zu berücksichtigen ist, daß die dritte Aussage die Modellierung des Problemlösungsprozesses als *verteilten* Suchprozeß [Lesser 1990] impliziert. Dies bedeutet eine Partitionierung von Datenbasis, Produktionsregeln und Kontrollsystem so, daß mehrere *Problemlöser* (Lesser spricht von *processing elements*) lokale Problemlösungsaktivitäten nebenläufig ausführen, lokal erarbeitete Ergebnisse einander mitteilen und so verteilt Lösungen suchen. Für die Modellierung der Datenbasis folgt aus der bisherigen Betrachtung, daß insbesondere das Kundenproblem und die während der Suche erstellten Finanzprodukte (jeweils als Zahlungsströme repräsentiert) Teil der Datenbasis sein müssen. Weitere Inhalte werden in

⁵ Hier werden unter „Daten“ (im Zusammenhang mit Produktionssystemen) Objekte verstanden, die keine Variablen sowie kein explizit repräsentiertes Wissen darstellen, sondern die den aktuellen Zustand des Problem-/Lösungsraums während eines Suchprozesses beschreiben. Aus der anwendungsbezogenen Sicht der Wirtschaftsinformatik umfassen diese Daten etwa die fallspezifischen Fakten sowie Zwischenergebnisse der Konsultation eines wissensbasierten Systems.

den nächsten beiden Abschnitten spezifiziert, in denen die Modellierung der Produktionsregeln zum einen als Problemlöser für finanzwirtschaftliche Subdomänen und zum anderen als Problemlöser für die Kombination verschiedener Finanzprodukte untersucht wird.

3.1 Produktionsregeln als spezialisierte Problemlöser für finanzwirtschaftliche Subdomänen

Ziel der Modellierung des Problemlösungsprozesses als verteilter Suchprozeß ist, satisfizierende Allfinanzangebote zum Beratungszeitpunkt erstellen zu können. Da der Lösungsaufwand bei Suche im allgemeinen jedoch exponentiell ist, sollte bei der Modellierung der Suchaufwand durch gezielte Nutzung von domänenspezifischen Eigenschaften möglichst minimiert werden, ohne „gute“ Allfinanzangebote von der Lösungssuche auszuschließen.

Hierbei kann zum einen ausgenutzt werden, daß in den meisten finanzwirtschaftlichen Subdomänen Methodenwissen existiert, *wie* für viele (typische) Problemstellungen gute Finanzprodukte der jeweiligen Subdomäne erstellt werden können (für die Subdomäne Leasing siehe z.B. [Will et al. 1993]). Somit kann in vielen Subdomänen bei der Finanzprodukt*erstellung* auf Suche zumindest teilweise verzichtet werden, diese verbleibt also im wesentlichen für die subdomänenübergreifende Produkt*kombination*. Zum anderen kann durch die Modellierung als verteilter Suchprozeß auf einfache Weise die Modularisierung des gesamten Lösungsraumes [Puppe 1990, S. 134] in *kleinere subdomänenspezifische Teillösungsräume* erreicht werden, die unabhängig voneinander bearbeitet werden können.

Diese beiden Ansätze führen im Vergleich zu einem unstrukturierten monolithischen Produktionssystem zu einer Verringerung des Suchaufwandes. Sie können bei der Modellierung berücksichtigt werden, indem die Problemlöser des verteilten Suchprozesses jeweils das Wissen einer Subdomäne abbilden. Die subdomänenspezifischen Problemlöser können dann jeweils unabhängig und nebenläufig über die Produkterstellung entscheiden und dann - sofern sinnvoll möglich - die Produkte erarbeiten. Der Suchprozeß beschränkt sich jetzt nur noch auf die Frage der Anwendbarkeit und auf die Kombination von Subdomänenwissen. Insgesamt sollte der Problemlösungsprozeß für die Allfinanzangebotserstellung also aus einem globalen Suchprozeß und einer Vielzahl lokaler Problemlösungsprozesse unter Verwendung unterschiedlicher subdomänenspezifischer Problemlösungsstrategien bestehen.

Übertragen auf den Formalismus des Produktionssystems kann jeder dieser Problemlöser als (ggf. sehr komplexe) Produktionsregel interpretiert werden: Die grundsätzliche Entscheidung, ob ein Problemlöser ein Produkt erstellen soll, entspricht der Ausführung des Bedingungsteils

einer Produktionsregel. Die Erstellung eines Produkts entspricht der Ausführung des Schlußfolgerungsteils einer Produktionsregel. Da die Schlußfolgerungsteile von Problemlösern i.a. umfangreiches Subdomänenwissen enthalten werden, können sie im Vergleich zu Schlußfolgerungsteilen konventioneller Produktionsregeln unter Umständen sehr komplex sein.⁶

Subdomänenspezifisches Wissen eines Problemlösers ist speziell dann sehr einfach anwendbar, wenn der Problemlöser durch Erstellung eines Finanzproduktes seiner Subdomäne einen Zahlungsstrom anbieten kann, der dem vom Kunden gewünschten Zahlungsmuster entspricht. In diesem Fall hat der Problemlöser das Kundenproblem vollständig gelöst, das Allfinanzangebot besteht hier als Spezialfall aus genau einem Finanzprodukt.

Beispiel: Ein Kunde möchte heute eine Immobilie zur gewerblichen Nutzung erwerben; er verfügt über Eigenmittel in Höhe des halben Kaufpreises. Sein Finanzproblem ist: Wie soll er die Immobilie am günstigsten finanzieren?⁷ Ein Problemlöser für (Hypotheken-) Kredite bietet einen Kredit zur Finanzierung der fehlenden Mittel an. Damit ist das Kundenproblem vollständig gelöst (vgl. Abb. 2a).

Da eine Kombination von mehreren Finanzprodukten einem einzelnen Produkt jedoch häufig überlegen ist, soll Subdomänenwissen auch anwendbar sein, wenn ein Problemlöser aus seiner Sicht ein lokal optimiertes Finanzprodukt mit hoher Güte anbieten kann, dieses jedoch einen Zahlungsstrom besitzt, der nicht die vom Kunden gewünschten Eigenschaften besitzt (*Teillösung*). Es verbleibt dann das Restproblem, für die Differenz zwischen dem bisher angebotenen Zahlungsstrom und dem vom Kunden gewünschten Zahlungsmuster ein weiteres Finanzprodukt zu erstellen und mit dem ersten Finanzprodukt zu einem Allfinanzangebot zu kombinieren (s.u. Fortsetzung des Beispiels). Diese Restprobleme werden der Datenbasis formal repräsentiert als neue Fakten hinzugefügt und von den anderen Problemlösern in Analogie zum Ausgangsproblem entweder vollständig oder wiederum auch nur teilweise gelöst. Grundannahme dieser heuristischen Vorgehensweise ist, daß andere Problemlöser das Restproblem gut lösen werden und insbesondere, daß die (hohen) Werte lokal optimierter Finanzprodukte derartig erstellter Allfinanzangebote insgesamt in einer hohen Güte dieser Allfinanzangebote resultieren. Das stufenweise Aufeinanderfolgen von lokalen Problemlösungsaktivitäten wird im weiteren als *implizite Kollaboration* von Problemlösern bezeichnet.

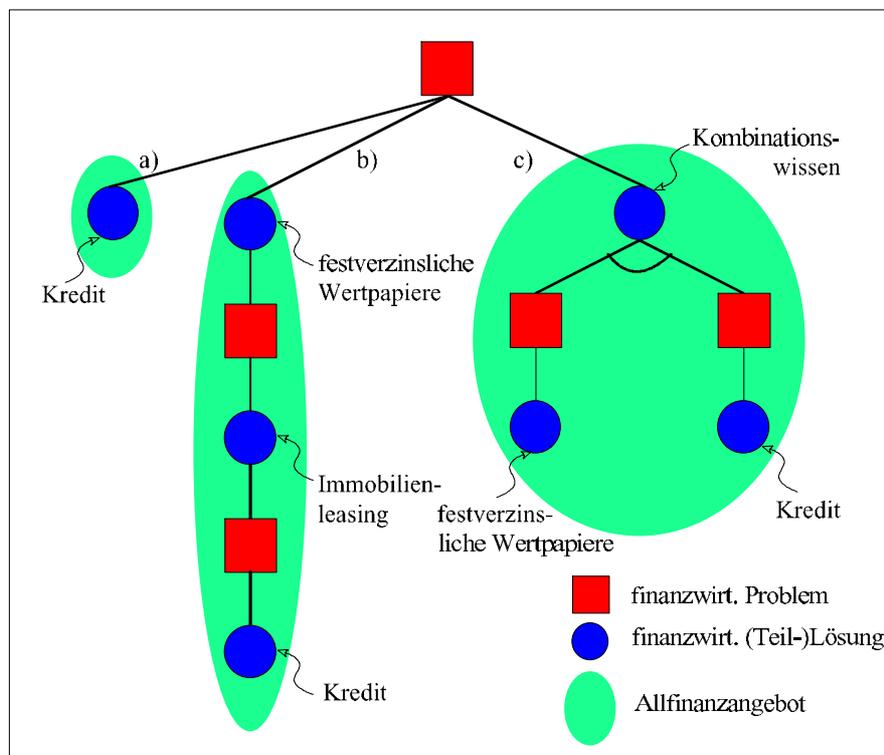
Beispiel (Forts., vgl. Abb. 2b): Der Problemlöser für festverzinsliche Wertpapiere bietet an, die Eigenmittel in einer Nullkupon-Anleihe anzulegen. Dabei erhält der Anleger sämtliche Zinszahlungen erst am Ende der Anleihe-Laufzeit mit i.d.R. erheblichen steuerlichen Vorteilen gegenüber konventionellen Angeboten. Es verbleibt das Restproblem der Immobilienfinanzierung - jetzt über den vollen Kaufpreis, da die Eigenmittel bereits

⁶ Wie Bedingungs- und (komplexer) Schlußfolgerungsteil eines derartigen Problemlösers implementiert werden (z.B. als ein oder zwei Rechenprozesse), soll hier nicht betrachtet werden.

⁷ Er bewertet die Angebote anhand des Barwertkriteriums (vgl. Fußnote 1).

angelegt sind. Der Problemlöser fügt dieses Restproblem der Datenbasis hinzu. Für dieses Restproblem bietet der Problemlöser für Leasing einen steuerlich lokal optimierten Leasingvertrag mit einer Leasing-Einmalzahlung zu Beginn der Laufzeit an. Nun verbleibt noch die Finanzierung dieser Einmalzahlung. Auf dieses Restproblem reagiert der Problemlöser Kredit und bietet einen - ebenfalls steuerlich optimierten - Kreditvertrag mit Zins- und Tilgungszahlung am Ende der Laufzeit an (die Nullkupon-Anleihe kann hier zusätzlich als Sicherheit dienen). Das kundenindividuelle Allfinanzangebot besteht somit aus einer Nullkupon-Anleihe, einem Leasing- und einem Kreditangebot, die - wenn auch in recht unkonventioneller Kombination - das Kundenproblem lösen.

Häufig werden mehrere Problemlöser jeweils ein Finanzprodukt als Lösung bzw. Teillösung anbieten können. Da normalerweise a priori nicht gesagt werden kann, welches von beiden Produkten besser ist, darf sich der Suchprozeß nicht auf einen Lösungsast konzentrieren, sondern das Kontrollsystem muß die Verfolgung alternativer Lösungen ermöglichen. Durch globale Suche sind also nicht nur eine Lösung, sondern prinzipiell alle Lösungen zu suchen, die durch vollständiges Lösen oder implizite Kollaboration gefunden werden können. Da die Ausführung von Problemlösern bei der impliziten Kollaboration und bei der vollständigen Lösung allein in Abhängigkeit vom Zustand der Datenbasis erfolgt, liegt jeweils eine datengetriebene Vorgehensweise vor (*Vorwärts-Produktionssystem*). Voraussetzung für die implizite Kollaboration ist, daß die Finanzprodukte *wertadditiv*⁸ sind.



⁸ Wertadditivität von Finanzprodukten bedeutet, daß der Wert einer Kombination von Finanzprodukten die Summe der Werte der einzelnen Finanzprodukte der Kombination ist. Die Eigenschaft der Wertadditivität ist nur bei Vorliegen einiger, in vielen typischen Beratungssituationen jedoch erfüllter Annahmen (z.B. Verwendung des Barwertkriteriums zur Bewertung der einzelnen Finanzprodukte, vgl. Fußnote 1) gegeben.

Abb. 2: Suchstrategien verteilter Problemlöser: Lösungsbaum

Liegt jedoch keine Wertadditivität vor, ist die implizite Kollaboration nicht sinnvoll anwendbar, da in diesem Fall die Summe der Werte der einzelnen lokal optimierten Finanzprodukte eines Allfinanzangebotes im allgemeinen nicht in einer hohen Güte des Allfinanzangebotes resultieren wird. Wie auch bei fehlender Wertadditivität für den Kunden durch Auswertung von explizitem subdomänenübergreifenden Kombinationswissen gute Allfinanzangebote erstellt werden können, wird in Abschnitt 3.2 erläutert.

3.2 Subdomänenübergreifendes Kombinationswissen als Produktionsregel

Bisher wurde nur der allgemeine Fall betrachtet, daß für eine Problemstellung kein Wissen über gute Kombinationsmöglichkeiten von Finanzprodukten zur Lösung eines Kundenproblems vorliegt. Für manche Problemstellungen sind jedoch aufgrund von Erfahrungswissen der Finanzexperten a priori - also zu Beginn der Lösungssuche - gute Produktkombinationen bekannt.

Beispiel (Forts.): Aufgrund der steuerlichen Situation des Kunden kann für das Ausgangsproblem erwartet werden, daß die Kombination der Anlage der Eigenmittel in eine Nullkupon-Anleihe mit einem endfälligen Darlehen zur Finanzierung der Immobilie das Problem gut löst (vgl. Abb. 2c)).

In Analogie zum bisher betrachteten Subdomänenwissen und um eine einfache Integration der Auswertung von subdomänenübergreifendem Kombinationswissen in den Suchprozeß zu ermöglichen, ist das Kombinationswissen als spezielles „Subdomänenwissen“ zu modellieren und ebenfalls als, wie oben erläutert, komplexe Produktionsregel abzubilden. Der Bedingungssteil prüft, ob für einen gesuchten Zahlungsstrom (ein Problemknoten im Suchbaum) auswertbares subdomänenübergreifendes Kombinationswissen vorliegt. Der komplexe Schlußfolgerungssteil führt die entsprechende Problemzerlegung durch und fügt diese Teilprobleme der Datenbasis hinzu. Die Kombination der Lösungen der Teilprobleme ergibt dann die Lösung des Problems (vgl. Abb. 2c)). Diese *zielgetriebene* Interaktion des zerlegenden Problemlösers mit den anderen Problemlösern bezeichnen wir als *explizite Kollaboration*. Der Suchbaum hat jetzt allgemein die Struktur eines UND/ODER-Graphen.

Im Gegensatz zur impliziten Kollaboration, bei der Kombinationen von Finanzprodukten durch Suche gefunden werden, entspricht die explizite Kollaboration nach [McDermott/Newell 1983] einem *Erkennungsprozeß*. Der Problemlöser erkennt für ein Problem eine gute Kombination von Finanzprodukten als Lösung. Der Problemlösungsprozeß für die Erstellung kundenindividueller Finanzdienstleistungen ist somit insgesamt als *hybrider Such- und Erkennungsprozeß* zu bezeichnen.

Liegt im übrigen für eine Problemstellung sowohl Wertadditivität als auch explizites Kombinationswissen - über das in der Regel jedoch keine Optimalitätsaussage gemacht werden kann - vor, ist auf dieses Problem sowohl implizite Kollaboration (Suche) als auch explizite Kollaboration anwendbar. In diesem Fall sind beide Vorgehensweisen zu verfolgen: Liegt Kombinationswissen vor, ist dieses auszuwerten, da a priori über die Lösungsgüte bei impliziter Kollaboration nichts ausgesagt werden kann. Die Kombinationslösung kann somit als Referenzlösung dienen. Da im Einzelfall aber sehr wohl der über Suche aufgebaute Lösungsast b) dem Lösungsast c) (vgl. Abb. 2) überlegen sein kann, sollte auf die implizite Kollaboration ebenfalls nicht verzichtet werden.

3.3 Das Kontrollsystem als verteiltes System

Das Kontrollsystem hat in Produktionssystemen wie oben erwähnt die Aufgabe, über die Anwendung ausführbarer Produktionsregeln zu entscheiden und die Terminierung des Suchprozesses durch Überprüfung der Endbedingung festzustellen. Durch die Modellierung als verteilten Suchprozeß, in dem Problemlöser weitgehend unabhängig voneinander und logisch nebenläufig Probleme lösen, und die gegebene Technologie von preemptiven Multi-Tasking-Betriebssystemen sowie von Multiprozessorsystemen, die auch die physisch nebenläufige Ausführung von Problemlösern als eigene Rechenprozesse ermöglichen, übernehmen die Problemlöser bereits dezentral Kontrollfunktionalität:

- Aufgrund der Eigenschaft der Problemlöser, jeweils gute Teillösungen aus ihrer lokalen Subdomänensicht anzubieten, sowie infolge der Tatsache, daß sich bei Wertadditivität Teillösungen und ihre Werte additiv auf die Gesamtlösung übertragen, ist bei der heuristischen Vorgehensweise der impliziten Kollaboration keine globale Kontrolle erforderlich: Die Problemlöser können selbst die Kontrolle ihrer lokalen Aktivitäten übernehmen.
- Durch die einheitliche Repräsentation von Problemen - unabhängig davon, ob es sich um das Ausgangsproblem, ein verbleibendes Restproblem oder Teilprobleme einer expliziten Kollaboration handelt - können alle in der Datenbasis repräsentierten Probleme gleichbehandelt werden: als (standardisierte) für alle Problemlöser offene „Ausschreibung“. Eine explizite Kontrolle abhängig von der Problemlösungsstrategie (Suche oder Erkennung) ist folglich ebenfalls nicht erforderlich.

Da allerdings kein Problemlöser Wissen über die Anzahl und die Aktivitäten der anderen Problemlöser besitzt, verbleiben global wahrzunehmende Steuerungsaufgaben. Zum einen ist aufgrund des heuristischen Charakters der impliziten Kollaboration nicht garantiert, daß bei einem derartigen Pfad im Suchbaum eine Lösung gefunden wird. Dementsprechend sind „zu tiefe“ Äste, die bei Einbeziehung der Gebühren und Transaktionskosten auch aus finanzwirt-

schaftlicher Sicht nicht sinnvoll sind, zu terminieren. Zum anderen hat das Kontrollsystem die Endebedingung zu überprüfen. Diese ist offensichtlich dann erfüllt, wenn alle Problemlösungsaktivitäten abgeschlossen sind und keine weiteren Angebote mehr erstellt werden. Da bei der vorgenommenen Modellierung allerdings nicht garantiert ist, daß alle durch implizite oder explizite Kollaboration erstellbaren Allfinanzangebote auch hinreichend schnell (zum Beratungszeitpunkt) erstellt werden können, sollte die Endebedingung auch nach Überschreiten einer maximalen Problemlösungszeit erfüllt sein. Ist die Endebedingung erfüllt, so hat das Kontrollsystem nach Beendigung aller nebenläufigen Problemlösungsaktivitäten die Phase der Lösungspräsentation zu initiieren. Abbildung 3 faßt nochmals die zentralen Modellierungsentscheidungen zusammen.

Datenbasis:	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgangsproblem • Restprobleme • Teilprobleme • Teillösungen (Finanzprodukte) • Lösungen (Kombinationen von Finanzprodukten)
Produktionsregeln:	<ul style="list-style-type: none"> • Problemlöser für Subdomänen • Problemlöser für a priori bekannte subdomänenübergreifende Kombinationen
Kontrollsystem:	<ul style="list-style-type: none"> • verteilt auf globale Kontrolle der Suche und lokale Kontrollsysteme der Problemlöser • Suche mehrerer Lösungen • Terminierung von „zu tiefen“ Ästen und des Problemlösungsprozesses

Abb. 3: Modellierung des Problemlösungsprozesses in der Allfinanzangebotserstellung

4. Der Blackboard-Ansatz als Realisierungskonzept

In der KI-Disziplin der Verteilten Künstlichen Intelligenz (VKI) sind in den letzten Jahren verstärkt Ansätze entwickelt worden, wie verteilte Problemlösungsprozesse als verteilte Problemlösungssysteme realisiert werden können [siehe z.B. Bond/Gasser 1988, Müller 1993, Wooldridge/Jennings 1995 und im Finanzdienstleistungskontext Sandbiller/Roemer 1994]. Für die Realisierung des oben als hybriden Such- und Erkennungsprozeß modellierten Problemlösungsprozesses für die Erstellung von kundenindividuellen Finanzdienstleistungen ist insbesondere der Blackboard-Ansatz von Bedeutung.

Dem Blackboard-Ansatz liegt eine einfache Metapher zugrunde:

„Metaphorically we can think of a set of workers, all looking at the same blackboard: each is able to read everything that is on it, and to judge when he has something worthwhile to add to it. This conception is just that

of Selfridge's Pandemonium: a set of demons, each independently looking at the total situation and shrieking in proportion to what they see that fits their natures.“ [Newell 1962]

Entsprechend dieser Metapher basieren Blackboardsysteme auf einem **Blackboard** und mehreren **Knowledge Sources** [Nii 1986] (vgl. Abb. 4). Das Blackboard ist eine globale Datenbasis, die den jeweiligen Zustand des Lösungsraumes repräsentiert. Das Wissen einer Domäne wird in mehrere Knowledge Sources zerlegt, die jeweils das Wissen einer Subdomäne umfassen und voneinander weitestgehend unabhängig sind. Für die Knowledge Sources eines Blackboardsystems können damit jeweils unterschiedliche Wissensrepräsentationsformen und Problemlösungsmethoden (vgl. Kapitel 2) verwendet werden, zudem verfügt jede Knowledge Source in der Regel über lokale Kontrollautonomie. Die Knowledge Sources verändern den Inhalt des Blackboards durch Erzeugen neuer Teillösungen und finden so inkrementell eine Lösung eines gegebenen (und in der Regel ebenfalls im Blackboard repräsentierten) Problems. Die Knowledge Sources „kommunizieren“ miteinander also ausschließlich über das Blackboard (shared memory Konzept), eine direkte Kommunikation untereinander findet indessen nicht statt. Ergänzt werden Blackboard und Knowledge Sources um ein **Kontrollmodul**, das Anwendung und Ausführung von Knowledge Sources aus einer globalen Sicht steuert und ebenfalls Zugriff auf das Blackboard haben kann. Einen umfangreichen Überblick über Fragestellungen im Kontext von Blackboardsystemen und Anwendungsbereichen sowie (prototypische) Systeme geben [Engelmore/Morgan 1988], [Jagannathan et al. 1989] und [Velthuisen 1992].

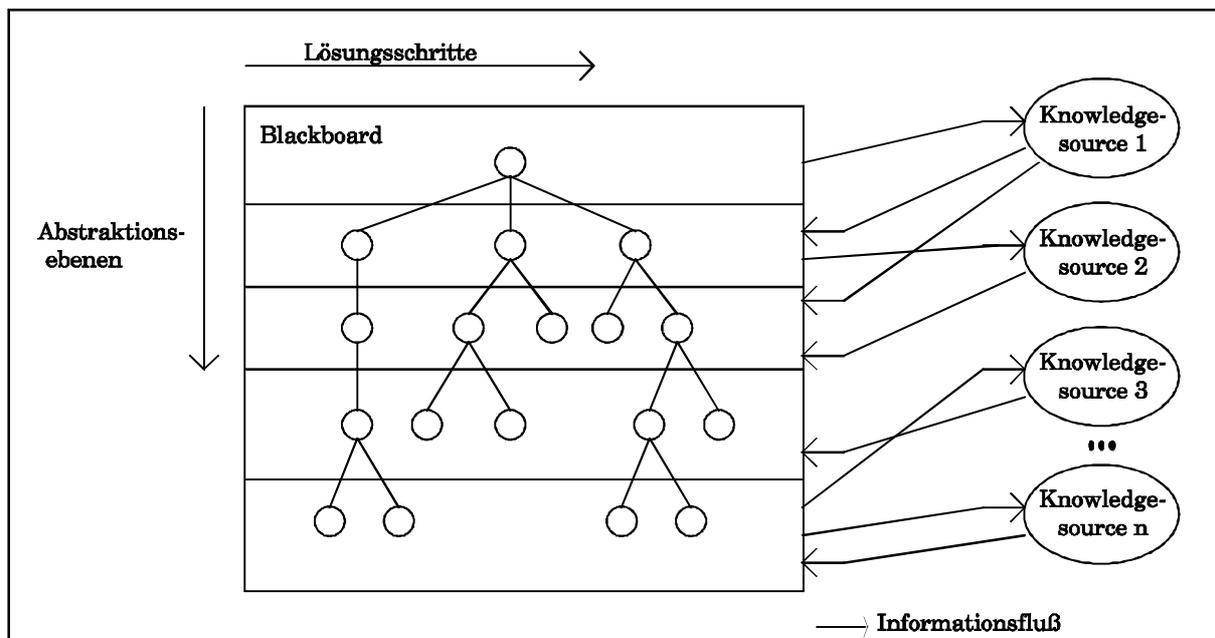


Abb.4.: Schematische Darstellung des Blackboard-Ansatzes

Der Blackboard-Ansatz kann damit als Erweiterung des Formalismus von Produktionssystemen aufgefaßt werden. Es ist unmittelbar einsichtig, daß 1) das Blackboard

als natürliches Abbild der Datenbasis des oben modellierten Produktionssystems gut geeignet ist, 2) die Knowledge Sources den Problemlösern entsprechen und 3) im Kontrollmodul die in Abbildung 3 zusammengefaßten Steuerungsaufgaben des Kontrollsystems realisiert werden können. Insbesondere werden auch die beiden oben abgeleiteten Interaktionsformen unterstützt: Ein zu lösendes Finanzproblem, das für alle Knowledge Sources (Problemlöser) sichtbar auf dem Blackboard dargestellt wird, kann von mehreren Knowledge Sources konkurrierend bearbeitet werden. Erarbeitete Teillösungen und eventuell verbleibende Restprobleme sind wieder im Blackboard repräsentierbar und können in impliziter Kollaboration von anderen Knowledge Sources gelöst und inkrementell in einem Suchprozeß zu Allfinanzangeboten erweitert werden. Ist subdomänenübergreifendes Kombinationswissen für ein „Blackboard-Problem“ verfügbar, kann dieses in einem Erkennungsprozeß in einfachere Teilprobleme zerlegt werden, die dann im Rahmen expliziter Kollaboration von spezialisierten Knowledge Sources gelöst werden. Weiterhin unterstützt der Blackboard-Ansatz die in Kapitel 3 abgeleitete Suche mehrerer alternativer bzw. konkurrierender Lösungen.

Die aus den Anforderungen abgeleitete Modellierung des verteilten Problemlösungsprozesses findet also im Blackboard-Ansatz einen geeigneten konzeptionellen Rahmen, der als Ausgangspunkt für die Entwicklung konkreter Allfinanzberatungssysteme dienen kann. Wie dieser Rahmen für die Realisierung lauffähiger Systeme konkretisiert werden kann, ist Gegenstand der Arbeit von Einsfeld und Will in diesem Themenheft.

5. Schlußbemerkung

Zur Lösung der in dieser Arbeit untersuchten Problemstellung der Erstellung von kundenorientierten Allfinanzangeboten liegt umfangreiches (exaktes oder heuristisches) Subdomänenwissen aus einzelnen Sparten des Finanzdienstleistungsbereichs vor. Indes ist nur für einige Standardfälle spartenübergreifendes, systematisches finanzwirtschaftliches Kombinationswissen über die Erstellung satisfizierender Allfinanzangebote bekannt, obwohl sich in vielen Fällen derartige Produktkombinationen einzelnen Produkten als überlegen erwiesen haben. Durch eine institutionelle und organisatorische Trennung der Sparten wird die Erstellung von Produktkombinationen weiter erschwert.

Vor diesem Hintergrund hat sich die Anwendung von KI-Methoden und -Ansätzen in mehrfacher Hinsicht bei der Modellierung des Allfinanzangebotsprozesses als hilfreich erwiesen, nämlich

- die „klassischen“ KI-Methoden, von denen die jeweils am besten geeigneten in den Schlußfolgerungsteilen der Knowledge Sources (Problemlöser) zum Einsatz kommen; z.B. *Selektion* von Wertpapieren oder *Konfiguration* von Kreditverträgen und
- die *verteilte Suche*, um einerseits alternative Lösungspfade verfolgen zu können und andererseits (im Sinne verteilter Hypothese-Test-Zyklen) lokal erstellte, unvollständige Lösungen zu vollständigen Lösungen zu ergänzen.

Darüber hinaus konnte als weiteres Ergebnis der *Blackboard*-Ansatz der VKI als allgemeines Lösungskonzept abgeleitet werden, da er besonders geeignet ist, den verteilten Such- und Erkennungsprozeß adäquat abzubilden. Damit stellt der *Blackboard*-Ansatz einen vielversprechenden Ausgangspunkt für die Entwicklung und Realisierung leistungsfähiger finanzwirtschaftlicher Anwendungssysteme dar.

Somit kann durch Anwendung und Nutzung von (V)KI-Methoden der anfangs gestellte Anspruch der Erstellung *satisfizierender* Problemlösungen bei der Erstellung von Allfinanzangeboten erfüllt werden; globale *Optimalitätsaussagen* sind indes bei diesem Ansatz nicht generell möglich. Sofern allerdings Wissen über optimale Lösungen für einzelne Sparten oder spezielle Problemstellungen vorliegt oder in Zukunft abgeleitet wird, kann es durch Abbildung in entsprechenden Knowledge Sources auf einfache Weise im Gesamtverbund verfügbar gemacht werden. Exemplarisch verdeutlichen die vorangegangenen Überlegungen, daß durch Ergebnisse der (V)KI-Forschung die Entwicklung betriebswirtschaftlicher Anwendungssysteme unterstützt wird, und daß Systeme realisierbar werden, die den komplexer werdenden Domänenanforderungen besser entsprechen, als es derzeit eingesetzte Systeme zu leisten vermögen.

Literatur

- Bond, A. H.; Gasser, L. (Hrsg.):* Readings in Distributed Artificial Intelligence. Morgan Kaufmann, San Mateo 1988.
- Buhl, H.U.:* Verteilte wissensbasierte Systeme für die Allfinanz-Kundenberatung. In: Spremann, K.; Zur, E. (Hrsg.): Controlling - Grundlagen, Informationssysteme, Anwendungen. Gabler, Wiesbaden 1992, S. 733-762.
- Buhl, H.U.; Hasenkamp, U.; Müller-Wünsch, M.; Roßbach, P.; Sandbiller, K.:* Wettbewerbsorientierte IT-Unterstützung in der Finanzberatung. In: Wirtschaftsinformatik 35 (1993) 3, S. 262-279.
- Einsfeld, U.; Will, A.:* Blackboardbasierte Systemunterstützung von Allfinanzangebotsprozessen. In diesem Heft.
- Engelmore, R.S.; Morgan, A.J. (Hrsg.):* Blackboard Systems. Addison Wesley, Workingham 1988.
- Jagannathan, V.; Dodhaiwala, R.; Baum, L.S. (Hrsg.):* Blackboard Architectures and Applications. Academic Press, Boston 1989.
- Kaindl, H.:* Problemlösen durch Suche. In: Künstliche Intelligenz 8 (1994) 1, S. 81-84.
- Kaindl, H.:* Problemlösen durch heuristische Suche in der Artificial Intelligence. Springer-Verlag, Wien 1989.
- Koch, P.:* Kooperation und Konkurrenz zwischen Banken und Versicherungsunternehmen - Analyse unter praktischen und theoretischen Aspekten. In: Beyer, H.-T. et al. (Hrsg.): Neuere Entwicklungen in Betriebswirtschaftslehre und Praxis. Frankfurt 1988.
- Lesser, V. R.:* An Overview of DAI: Viewing Distributed AI as Distributed Search. In: Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence - Special Issue on Distributed AI - 5 (1990) 4, S. 392-400.

- Markowitz, H.:* Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Wiley, New York 1959.
- McDermott, J.; Newell, A.:* Estimating the Computational Requirements for Future Expert Systems. Computer Science Department, Carnegie-Mellon University 1983.
- Müller, J. (Hrsg.):* Verteilte Künstliche Intelligenz - Methoden und Anwendungen. BI Wissenschaftsverlag, Mannheim 1993.
- Newell, A.:* Some Problems of Basic Organization in Problem Solving Programs. In: Yovits, M.C. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Conference on Self-Organizing Systems. Spartan Books, Washington 1962.
- Nii, H. P.:* Blackboard Systems: The Blackboard Modell of Problem Solving and the Evolution of Blackboard Architectures. In: AI Magazine 7 (1986) Summer, S. 37-53.
- Nilsson, N.:* Principles of Artificial Intelligence. Tioga Publishing Company, Palo Alto 1980.
- Puppe, F.:* Problemlösungsmethoden in Expertensystemen. Springer, Berlin 1990.
- Sandbiller, K.; Roemer, M.:* Anwendungen der Verteilten Künstlichen Intelligenz im Finanzdienstleistungsbereich. In: Hipp, C. et al. (Hrsg.): Geld, Finanzwirtschaft, Banken und Versicherungen, Karlsruhe 1994, S. 821-842.
- Simon, H.A.:* The Sciences of the Artificial. MIT Press, Cambridge, Mass. 1969.
- Velthuisen, H.:* The Nature and Applicability of the Blackboard Architecture. PTT Research, Maastricht 1992.
- Will, A.:* Die Erstellung von Allfinanzprodukten: Produktgestaltung und verteiltes Problemlösen. Gabler, Wiesbaden 1995.
- Will, A.; Buhl, H.U.; Weinhardt, C.:* Immobilienleasing und Steuern im Allfinanz-Kontext. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 63 (1993) 9, S. 933-959.
- Wooldridge, M. J.; Jennings, N. R.:* Intelligent Agents. Lecture Notes in Artificial Intelligence 890, Springer, Berlin 1995.