

## **2.7. ANFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE EINER TRANSFERIERBAREN ENTWICKLUNGSUMGEBUNG FÜR DIE MEDIZINISCHE WISSENSVERARBEITUNG**

Yıldırım Oğuroğlu\*, Asaf Varol\*\*, Mehmet Kuş\*

\* Wissenschaftliche Mitarbeiter an der Uni. Bremen, Deutschland

\*\* Gastprofessor an der Uni. Bremen, Deutschland

### **Zusammenfassung**

Wissensbasierte Systeme in der Medizin erfüllen in vielen Bereichen nicht die mit ihnen verbundenen Erwartungen. Ziel ist es daher die Entwicklung eines transferierbaren, wissensbasierten Multi-Agenten-Systems, das die erwähnten Mängel minimiert bzw. gänzlich beseitigt. Hierbei werden - angewandt auf die Domäne Medizin - nach Analyse der verschiedenen Teilbereiche und deren fundamentalen Anforderungen aus Sicht der Informatik vier voneinander unabhängige Problemklassen differenziert:

1. Datenerfassung (Sensorik)
2. Datenverwaltung (Datenbankmanagement)
3. Dateninterpretation (Inferenz)
4. Datenpräsentation (Präsentation)

Die einzelnen Agenten (Inferenz, Datenbank, Präsentation, Sensor), die jeweils eine Teilaufgabe aus einer Problemklasse lösen, können beliebig kombiniert und sogar zur Laufzeit hinzugefügt bzw. ausgetauscht werden. Die Kombination der Agenten entscheidet über die Funktionalität des resultierenden Multi-Agenten-Systems. Sie kommunizieren über einen zentralen Kommunikations-Koordinator (Center), wodurch eine Unabhängigkeit untereinander gewährleistet wird. Zur Kooperation mit

anderen Experten bzw. Agenten und Koordination ihrer Aktivitäten wird eine Sprache verwendet, die allen Agenten syntaktisch und semantisch bekannt ist. Dadurch sind die Agenten in der Lage, Probleme vom Umfang und Art zu lösen, die ein einzelner nur mit erheblichen Aufwand hätte angehen können. Die flexible Gestaltung des resultierenden Systems erlaubt u.a. die Integration mehrerer Wissensbasen, sowie unterschiedlicher Inferenzsysteme. Damit ist eine Transferierbarkeit auf andere medizinische Fachgebiete gegeben und aus Sicht der Systemarchitektur sogar eine Transferierbarkeit auf andere Domänen möglich.

### **Einleitung**

Die Komplexität und der Umfang medizinischen Wissens haben in den letzten Jahren ständig zugenommen. Zur Gewährleistung einer qualitativ hochwertigen Versorgung ist die Verfügbarkeit aktuellen medizinischen Wissens auf allen Ebenen des medizinischen Versorgungsprozesses von essentieller Bedeutung. Wissensbasierte Systeme besitzen das Potential einen wesentlichen Beitrag zur Lösung dieser Probleme zu leisten. Die Nutzung solcher Systeme ist in einigen Bereichen der Medizin schon fest etabliert (z.B. Analyse von EKG-Untersuchungen, klinische Labors, ...).

In vielen Bereichen hingegen werden die mit wissensbasierten Systemen verbundenen Erwartungen nicht erfüllt. Hierfür können nach der jüngsten Studie [1] im wesentlichen vier Faktoren verantwortlich gemacht werden:

- die Nicht-Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des jeweiligen medizinischen Einsatzgebietes,

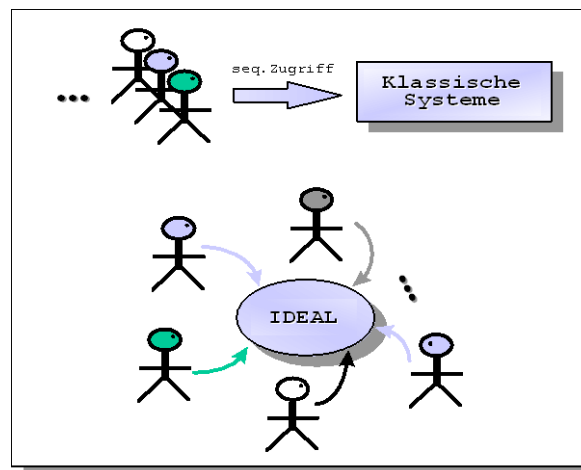
- die mit der Entwicklung wissensbasierter Systeme verbundenen hohen Kosten,
- eine fehlende Standardisierung und der damit verbundenen Entwicklung proprietärer Lösungen und
- die mangelnde Integration unterschiedlicher Methoden und Modelle der Wissensverarbeitung, die teilweise anwendungsabhängige Problemlösungsstärken aufweisen.

### **Anforderungen**

Die Komplexität und der Umfang der Domäne Medizin mit ihren zahlreichen multidisziplinären Gruppenaktivitäten bedingen interdisziplinäre, integrierte Lösungsansätze. Mit klassischen Lösungsansätzen wird vielfach versucht jeweils einen Teilbereich der Domäne Medizin adäquat abzubilden. Ein Beispiel hierfür ist das System Pro.M.D. [2], das durch die Darstellung der etablierten Strategien in Wissensbasen und durch ihre automatisierte Anwendung vor allem in der labormedizinischen Spezialbefund sowohl die Entscheidungen in der präanalytischen Phase als auch die Befundinterpretation wesentlich unterstützt [4]. Für eine umfassende Anwendung stellt die Domäne Medizin eine Anzahl von Anforderungen, denen solche Systeme jedoch nicht ganz gerecht werden. Bei der Mensch-Maschine-Interaktion müssen die unterschiedlichen Bedürfnisse einer breiten Gruppe von Endanwendern mit z.T. unterschiedlichen Rollen (Ärzte, Pflegepersonal, Krankenhausadministration, ...) in adäquater Weise berücksichtigt werden.

Die Unterstützung medizinischer Standards für den Datenaustausch sowie die automatische Datenakquisition – eine der Hauptanforderungen zur Integration wissensbasierter Systeme in das medizinische DV-Umfeld – werden häufig nicht unterstützt. Die Systeme sind oft als „Einplatzsysteme“ konzipiert, an die lediglich ein Anwender zugleich arbeiten kann. Das

entspricht aber nicht der Arbeitsweise des medizinischen Umfelds, in dem Teamarbeit die Regel ist. Informationsaustausch zwischen Ärzten, Pflegepersonal und anderem medizinischen Personal, sowie geteilte Verantwortung, kooperative Beiträge für gemeinsame Entscheidungen sind die Basis in der Praxis der Domäne Medizin. Dieses spiegelt sich in den heutigen Systemen nicht in adäquater Weise wider. Eine Umsetzung der CSCW-Philosophie (computer-supported co-operative work - CSCW) ist daher zwingend notwendig und bedarf einer radikalen konzeptuellen Umstellung in der Softwareentwicklung.



**Abbildung -1:** Einplatzsysteme vs. CSCW

Zum anderen lassen sich die Mehrzahl der erfolgreichen Anwendungen als „flach“ charakterisieren, d.h. statt Tiefenwissen, wie z.B. modellbasiertes Wissen, nutzen sie eher einfache Arten von Wissen. Der Vorteil liegt weniger in der Lösung prinzipiell schwieriger Aufgaben, sondern in der Bewältigung der Komplexität, die aus dem Umgang mit großen Wissensmengen resultiert. Hypertext- bzw. hypermedia-ähnliche Verfahren, die sich für Schulungszwecke bestens bewährt haben, bieten

viele Möglichkeiten, das Wissen zu organisieren und mittels z.B. hierarchischer Querverweise darin zu blättern. Die Wissensrepräsentation sollte daher zumindest Hypertextfunktionen unterstützen, um so die Kombination von beispielsweise regelbasierten und hypertextbasierten Systemen — eine Art **Hyper-Inferenz**-System — zu ermöglichen (Vgl. [3]). Im Falle regelbasierter Ansätze ist die Wissensnotation möglichst an die Terminologie des speziellen Gebietes anzupassen, so daß keine speziellen EDV-Kenntnisse notwendig sind und der Experte das notierte Wissen selbst wieder versteht. Ferner sollte die Sprache zwecks einer leichten Erlernbarkeit und Verständlichkeit, soweit es geht, an die Umgangssprache angelehnt sein.

Ein immer wiederkehrendes Problem ist die Systemintegration. Es ist in zwischen allgemeine Erfahrung, daß der Aufwand für ein erfolgreiches wissensbasiertes System nur zu 10 bis 40% im eigentlichen „KI-Anteil“ liegt, während der Rest für konventionelle Aufgaben wie Datenhaltung, Kommunikation und Benutzerschnittstelle benötigt wird. Die Integration insbesondere mit Datenbanken spielt auch deshalb eine besondere Rolle, weil die Konzepte der Wissensrepräsentation in natürlicher Weise als Erweiterungen von Datenbankkonzepten zu sehen sind. Alle Fragen, die sich aus der Handhabung großer Datenmengen ergeben, wie Effizienz, Verteilung, Zugriffskordinierung, aber auch semantische Aspekte wurden für Datenbanksysteme schon ausführlich untersucht und teilweise gelöst. Moderne wissensbasierte Systeme nutzen diese Leistungen von Datenbanksystemen, statt sie nochmals selbst zu realisieren.

Für den praktischen Erfolg einer Applikation ist die Benutzeroberfläche mindestens ebenso wichtig, wie die eigentliche Systemleistung. Dementsprechend gibt es heute kaum noch Systeme, die sich auf bloßen zeilenorientierten Dialog beschränken, sondern graphische

Darstellung und menügesteuerte Eingaben gelten als Standard. Wesentliche Designprinzipien wie z.B. intuitive Bedienung (WYSIWYG, Ähnliche Handhabung unterschiedlicher Geräte, ...), Transparenz, individuelle Anpassung, Fehlertoleranz durch reversible Aktionen, usw. müssen eingehalten werden.

Nach der oben angesprochenen Studie ergeben sich Probleme bei der Entwicklung, Praxiseinführung und Wartung wissensbasierter Systeme. Aufgrund dieser Kenntnisse müssen bei der Konzeption neuer Systeme die Schwerpunkte darin gelegt werden, die erkannten Defizite und Schwachstellen bereits durch ein entsprechendes System-Design zu minimieren. Hierfür müssen jedoch die vielfältigen Anwendungsbereiche der Domäne Medizin und ihre fundamentalen Anforderungen berücksichtigt und verstanden werden. Darauf aufbauend kann schließlich eine transferierbare wissensbasierte Umgebung für den medizinischen Alltag geschaffen werden. „*Transferierbar*“ bedeutet, die Lösung darf nicht auf eine spezielle räumlich und zeitlich zugeschnittene Gegebenheit zielen (z.B. Speziallabors), sondern sie muß auf die wesentlichen Bedingungen im medizinischen Umfeld adaptierbar konzipiert werden. Die Adaption muß im Idealfall ohne Programmiereingriffe erfolgen können. Etablierte Standards müssen berücksichtigt werden, und im Sinne eines maximalen Nutzeffektes in der täglichen Routine, ist eine vollständige Integration in existierende medizinische Umgebungen notwendig. Dazu muß eine Schnittstelle zu mindestens einem Krankenhausinformationssystem realisiert werden. Des weiteren sollte ein optionales Nebenziel darin bestehen, zwecks Kooperation, eine Verbindung zwischen verschiedenen wissensbasierten Systemen zu definieren und ggf. zu schaffen.

### **Lösungsansatz**

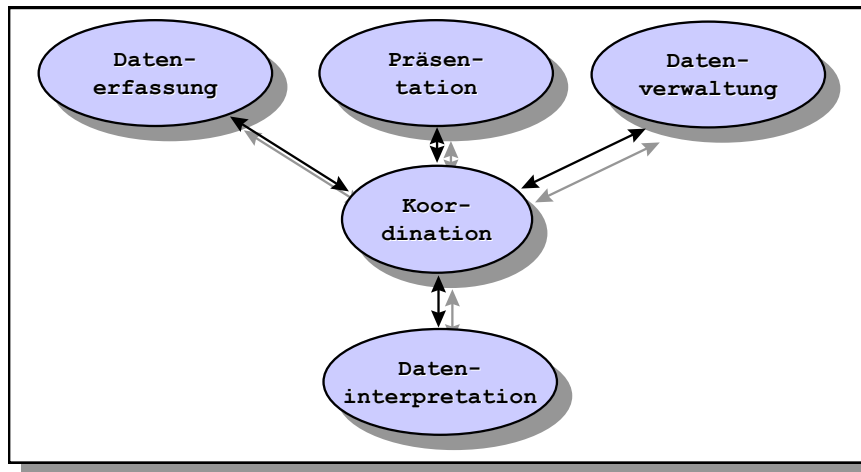
Die eingeschränkte Fähigkeit, komplexe Systeme zu verstehen und zu konstruieren, zwingt dazu, diese Komplexität durch Zerlegung und Abstraktion zu reduzieren. Diese Komplexitätsreduzierung ist nur möglich, wenn im Rahmen des Gesamtproblems Teilprobleme identifiziert werden können, deren Lösungen voneinander unabhängig sind, d.h. bei der Lösung eines Teilproblems muß man sich nicht darum kümmern, wie ein anderes Teilproblem gelöst wird. Nur wenn dieses Geheimnisprinzip gemäß der Modularisierung gewährleistet ist, vereinfacht sich die Lösung der gestellten Aufgabe. Angewandt auf die Domäne Medizin lassen sich nach Analyse der verschiedenen Teilbereiche und deren fundamentalen Anforderungen aus Sicht der Informatik vier voneinander unabhängige Problemklassen identifizieren:

5. Datenerfassung (Sensorik)
6. Datenverwaltung (Datenbankmanagement)
7. Dateninterpretation (Inferenz)
8. Datenpräsentation (Präsentation)
9. Kommunikation

Es liegt nahe die Lösung zu diesen Problemklassen so zu modularisieren, daß die resultierenden Module teilweise parallel arbeiten können. Beispielsweise können die von der Datenerfassung ermittelten Daten gleichzeitig gespeichert, interpretiert und präsentiert werden. Zwischen den unabhängig arbeitenden Modulen muß zu diesem Zweck ein Datenaustausch stattfinden, was eine schnelle und sichere Kommunikation notwendig macht. Das Ergebnis ist ein verteiltes System bestehend aus einer Menge von Modulen, die durch geeignete Kommunikation ihre Arbeiten koordinieren und miteinander kooperieren. Die Module lösen jeweils ein oder mehrere Problem(e) einer der oben genannten Problemklassen.

Erweitert man den Modulbegriff dahingehend, daß ihm Eigenschaften wie z.B. „intelligent“, „flexibel“ und „autonom“ zugeordnet

werden, so ergibt sich der Begriff des „Agenten“. Unter Intelligenz soll hier die Fähigkeit verstanden werden, flexibel zu reagieren; ein intelligenter Agent reagiert nicht bloß auf seine Umgebung, sondern benutzt Wissen, um informierte Entscheidungen für sein Verhalten zu treffen. Jeder Agent kann Probleme in seinen Domänen lösen und unabhängig arbeiten. Durch Kooperation sind die Agenten in der Lage, Probleme vom Umfang und Art zu lösen, die ein einzelner nur mit erheblichen Aufwand hätte angehen können. Ein *Agent* ist dann in diesem Sinne eine Software, welche im Namen und damit im Interesse des Benutzers selbständig Aufträge bearbeitet. Es arbeitet zeitvariant und kann mentale Zustände annehmen (wie z.B. Wissen, Absichten, Ziele). Der Benutzer spezifiziert lediglich ein übergeordnetes Ziel, anstatt explizite Instruktionen zu erteilen. Das „Wie“ und „Wann“ wird den Agenten überlassen. Zur Kooperation und Koordination ihrer Aktivitäten verwenden die Agenten ein einheitliches aber flexibles Kommunikationsprotokoll, d.h. die Syntax und Semantik des Protokolls ist jedem Agenten bekannt. Das Ergebnis ist ein Multi-Agenten-System, bestehend aus einer Menge intelligenter, kooperierender Agenten. Berücksichtigt man die Forderung nach Unabhängigkeit der Agenten derart, daß eine zentrale Kommunikationskoordination verwendet wird, so ergibt sich eine Multi-Agenten-Architektur wie in Abbildung 1-2 dargestellt.



**Abbildung -2:** Multi-Agenten-Architektur für medizinische Wissensverarbeitung

Die Verwendung aller Agentenklassen (die Agenten werden entsprechend der Problemklassen klassifiziert) ist nicht obligatorisch, sondern deren Zusammenstellung kann sich je nach Aufgabenstellung variieren. Durch Kombination verschiedener Agenten lassen sich durch dieses Konzept unterschiedliche Funktionalitäten realisieren:

- Sensor + Präsentation = Konventionelles Monitoringsystem
- Sensor + Datenbank = Konventionelles Dokumentationssystem
- Sensor + Inferenz = Diagnosesystem
- Sensor + Präsentation + Inferenz = Intelligentes Monitoringsystem
- Sensor + Datenbank + Inferenz = Wissensbasierte Dokumentation
- usw.

Um maximale Transferierbarkeit bzw. Flexibilität zu gewährleisten müssen die Agenten frei konfigurierbar sein (z.B. durch Skriptsprachen).

Dadurch ist es möglich, die Agenten ohne Programmiereingriffe an unterschiedliche medizinische Gegebenheiten zu adaptieren.

Die Möglichkeit mehrere Agenten der selben Problemklasse mit evtl. unterschiedlichen Problemlösungsmethoden zu verwenden, erlaubt beispielsweise die Simulation mehrerer kooperierenden medizinischer Experten mit evtl. unterschiedlichen Fachrichtungen.

Das Nebenziel, nämlich die Schaffung bzw. Definition einer Verbindung zwischen verschiedenen wissensbasierten Systemen, wird durch die Möglichkeit der stufenweisen Erweiterung, welches die Flexibilität und damit die Anwendungsbreite des Konzeptes nochmals erhöht, ebenfalls erreicht (siehe Abbildung 1-3).

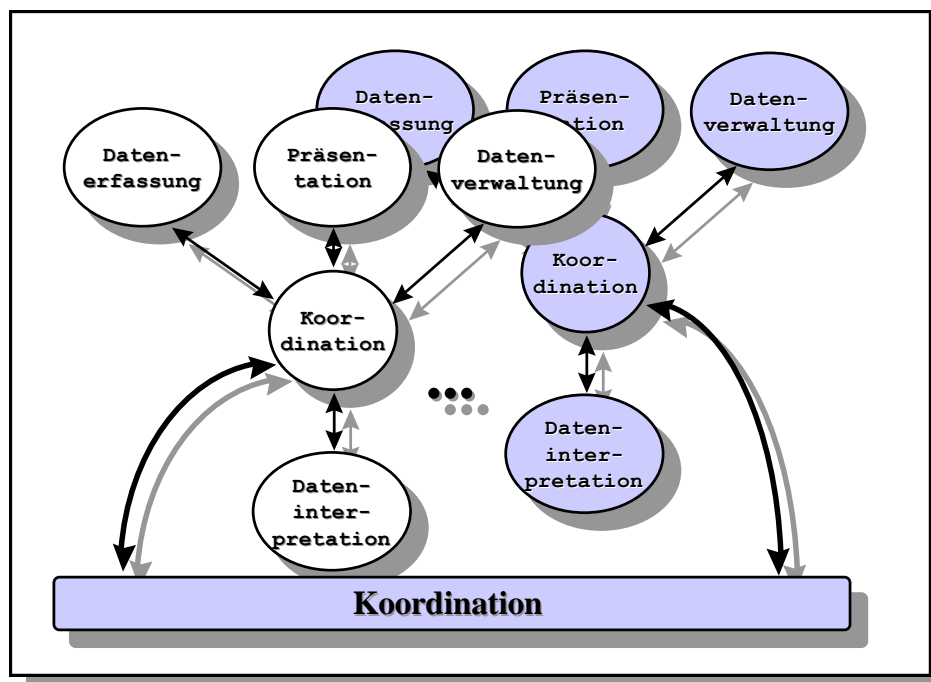


Abbildung -3: Stufenweiser Ausbau

Dieses System-Design wurde unter dem Gesichtspunkt der Transferierbarkeit für die Domäne Medizin entwickelt. Es ergeben sich dadurch u.a. folgende Vorteile:

- die freie Konfiguration der Agenten erlaubt die Adaption des Systems an die spezifischen Anforderungen des jeweiligen medizinischen Einsatzgebietes.
- die Transferierbarkeit des Systems bzgl. „Raum“ und „Zeit“ sichert Investitionen. Da Systemkomponenten (Agenten) stets unabhängig und damit kooperativ entwickelt werden und sich das System-Design nicht ändert, können alte und neue Entwicklungen in einer gemeinsamen Umgebung genutzt werden. Lediglich die Anpassung des Kommunikationsprotokolls ist evtl. notwendig.
- ein solches System-Design ist durchaus geeignet Standards für medizinische Komponenten bzw. Anwendungen zu definieren, wie z.B. ein standardisiertes Kommunikationsprotokoll für medizinische Komponenten.
- das System-Design erlaubt die gleichzeitige und kooperative Anwendung unterschiedlicher Methoden und Modellen wissensbasierter Systeme.

Des weiteren ergeben sich die für verteilte Systeme typischen Vorteile (wie z.B. Fehlertoleranz, Skalierbarkeit und Parallelität) aber auch Nachteile (wie z.B. die Komplexität oder die Gefahren bei der Nachrichtenübermittlung).

OĞUROL, Y.; VAROL, A.; KUŞ, M.: Anforderungen und Lösungsansätze einer transferierbaren Entwicklungsumgebung für die medizinische Wissenverarbeitung, Second Turkish-German Joint Computer Application Days, 15-16 October, 1998, Konya, Proceedings, pp. 231-242

---

- [1] G. Mann, U. Kraut: *Studie zur Entwicklung wissensbasierter Systeme in der Medizin am Beispiel des BMBF-Förderschwerpunktes MEDWIS*. Medis - Institut für Medizinische Informatik und Systemforschung, GSF-Bericht, 12/95.
- [2] C. Trendelenburg, B. Pohl: *Pro.M.D. - Medizinische Diagnostik mit Expertensystemen; eine Einführung mit Disketten für die Expertensystemschaale Pro.M.D.* 3. Ausgabe, Stuttgart, Thieme-Verlag, 1990.
- [3] Y. Ogurol: *Eine transferierbare Entwicklungsumgebung für medizinische Wissenverarbeitung, Diplomarbeit*, Universität Bremen, Studiengang Informatik, September 1996.
- [4] Ogurol, Y. et al.: *WILAS - Ein wissensbasiertes System zur labormedizinischen Anforderung und Spezialbefundung*. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie 29, Heft 1/1998, 3-11, Gustav Fischer Verlag, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, ISSN 0943-5581