

Ein modulares, verteiltes Diagnose - Expertensystem für die Fehlerdiagnose in lokalen Netzen

Jürgen M. Schröder

Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Universität Stuttgart

Januar 1990

Kurzfassung

Lokale Netze verbinden einzelne Rechnersysteme zu leistungsfähigen Gesamtsystemen, die sowohl in der Büroumgebung als auch in der automatisierten Fertigung in immer stärkerem Maße Anwendung finden. Da die Funktionalität des Gesamtsystems im wesentlichen von der Funktion des Rechnernetzes abhängt, wird nach Hilfsmitteln gesucht, die den Anwender bei der Fehlersuche unterstützen. Im folgenden wird ein Diagnosesystem vorgestellt, das nach den Prinzipien der Expertensystemtechnik aufgebaut ist. In der Wissensbasis des Expertensystems wird die Struktur eines Rechnernetzes abgebildet. Um den großen Wissensbereich abzudecken und um ein möglichst flexibles System zur Verfügung zu stellen, wird eine modularisierte Wissensbasis verwendet. Das vorgestellte Diagnosesystem versucht, den Anwender möglichst weitgehend durch automatische Aufnahme von fallspezifischem Wissen zu entlasten.

1. Einleitung

Sowohl in der Bürokommunikation als auch in der automatisierten Fertigung setzt sich die Verbindung einzelner Rechnersysteme mittels lokaler Rechnernetze immer mehr durch. Lokale Netze bilden das Rückgrat von Gesamtsystemen, deren Ausfall oder Störung die Funktionalität des Gesamtsystems, und damit in der Fertigungsautomatisierung die Produktivität empfindlich reduzieren oder gar zum Erliegen bringen kann. Um im Fehlerfall den Fehler möglichst schnell ausfindig zu machen oder einen sich anbahnenden Fehler bereits vor dem Systemzusammenbruch zu erkennen, müssen dem Anwender Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden.

Ein lokales Netz ist ein aus vielen unterschiedlichen Komponenten zusammengesetztes System. Im allgemeinen stammen die im System vorhandenen Komponenten von verschiedenen Herstellern und weisen daher auch unterschiedliche Architekturen auf. Auch werden auf einem physikalischen Netz teilweise unterschiedliche Protokollarchitekturen verwendet. Die Verbindung zwischen verschiedenen Protokollarchitekturen wird durch Gateways bereitgestellt.

Um ein Systemmodell des Gesamtsystems 'Rechnernetz' zu erhalten wird das Rechnernetz in seine Komponenten unterteilt. Jede Komponente wird durch ihre Funktion und ihre Schnittstellen zu anderen Komponenten des Systems eindeutig beschrieben und kann wiederum aus mehreren Subkomponenten zusammengesetzt sein. Das Fehlverhalten einer Komponente äußert sich durch ein verändertes Verhalten an ihren Schnittstellen. Damit

kann eine Komponente als defekt erkannt werden, wenn ein verändertes Verhalten an den Schnittstellen der Komponente vorliegt. Tauscht man die defekte Komponente gegen eine funktionierende aus, dann muß wieder ein funktionierendes System vorliegen. Diese Aussage folgt aus den Hauptsätzen der Zuverlässigkeitstheorie [12].

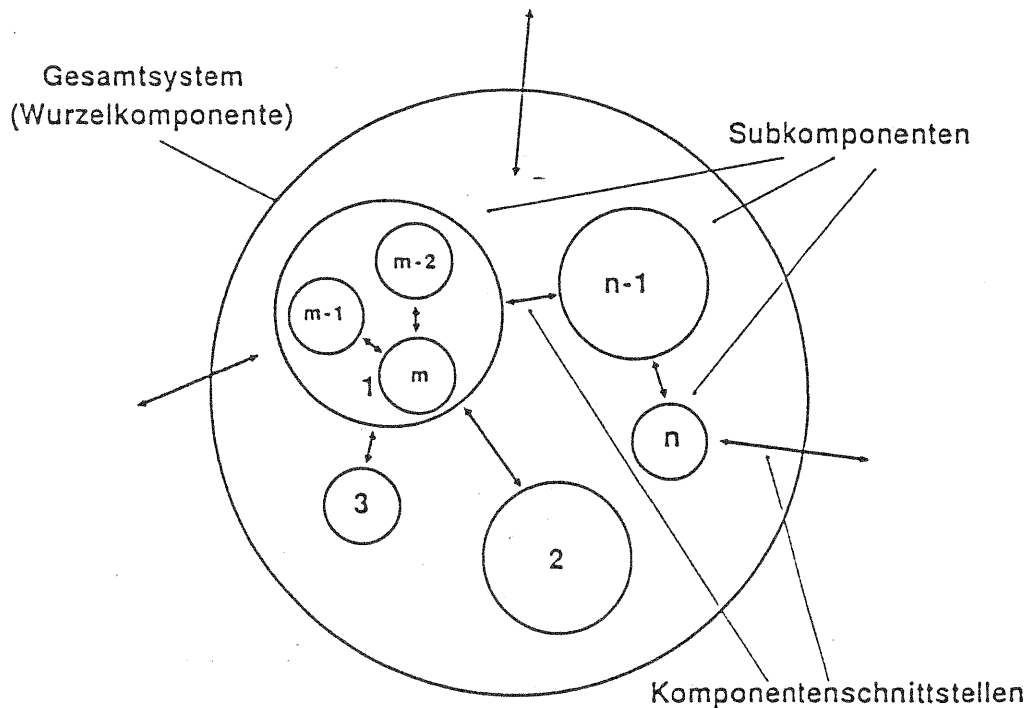


Bild 1.1 Systemmodell. Das Gesamtsystem (auch als Wurzelkomponente bezeichnet) wird in Subkomponenten unterteilt. Jede Komponente ist durch ihre Funktion und ihre Schnittstellen zu anderen Komponenten des Netzwerks eindeutig beschrieben und kann wiederum in Subkomponenten unterteilt werden.

Hierarchisch betrachtet ist die oberste Komponente des Systemmodells eines Rechnernetzes das Rechnernetz selbst. Die oberste Komponente wird im folgenden als Wurzelkomponente bezeichnet. Die Wurzelkomponente besteht aus einer Anzahl ihr untergeordneter Komponenten, sogenannter Subkomponenten. Im konkreten Fall eines Rechnernetzes zählen zu den direkt der Wurzelkomponente untergeordneten Subkomponenten z.B.:

- Netzsegmente,
- Stationen,
- Netzsegmentkoppellemente,
- Kommunikationsprotokolle zwischen einzelnen Stationen,
- usw.

Jede Subkomponente kann wiederum unterteilt werden in weitere Subkomponenten. Im Falle einer Station sind weitere mögliche Komponenten:

- Kommunikationssoftwareinstallation,
- Netzanschaltung,

- Betriebssystem,
- usw.

Bild 1.1 zeigt das durch die vorgenommene Aufteilung des Gesamtsystems in Komponenten und Subkomponenten entstehende Systemmodell.

Das Gesamtsystem Rechnernetz ist ein überaus kompliziertes Gebilde, dessen Handhabung Experten erfordert. Bei grösseren Netzen arbeiten meist Experten einzelner Teilbereiche zusammen. Die Experten kommunizieren miteinander anhand von Fachbegriffen. Damit teilt der Experte eines Teilbereiches dem Experten eines anderen Teilbereiches sein Problem mit. Mit der Problemschilderung und weiteren, selbst gewonnenen Informationen kann der befragte Experte dann zur Problemlösung beitragen. Das Gesamtwissen über die Funktionalität eines großen Systems ist immer auf mehrere Experten verteilt.

Ein Rechnernetz wird in der Regel immer wieder Modifikationen unterzogen. Es werden Stationen dem Netz hinzugefügt oder entfernt. Diese Änderungen müssen dem Diagnosesystem mitgeteilt werden. Daher muß das Diagnosesystem eine einfach änderbare Struktur aufweisen.

Da das Diagnosesystem den Anwender bei der Fehlersuche unterstützen und zudem eine Diagnose möglichst schnell gestellt werden soll, muß das System die Möglichkeit haben, vom Fehlerfall abhängiges Wissen soweit möglich automatisch aufzunehmen. Dazu können am Rechnernetz vorhandene, verteilte Meß- und Diagnosekomponenten verwendet werden. Dies können sowohl Hardware-, als auch Softwarekomponenten sein. Als Beispiele für Hardwarekomponenten wären z.B. ein Protokollanalysator, Durchflußmesser, automatischer Reflexionsmesser usw. zu nennen. Für Softwarekomponenten seien als Beispiel Testprogramme für die Hardware und Softwareinstallation genannt.

Die oben aufgeführten Beobachtungen und Anforderungen haben zu der Entwicklung eines modularen, verteilten Diagnosesystems geführt. Im folgenden soll zunächst kurz die allgemeine Struktur von Expertensystemen vorgestellt werden. Anschließend wird auf die Architektur des modularen, verteilten Diagnosesystems eingegangen und es werden einige Implementierungsaspekte dargestellt. Im Ausblick werden die beabsichtigten Weiterentwicklungen erläutert.

2. Expertensystemaufbau

2.1 Allgemeiner Expertensystemaufbau

Bild 2.1 zeigt den allgemeinen Aufbau eines Expertensystems. Kern eines solchen Systems bilden Problemlösungskomponente, Erklärungskomponente, und Wissensakquisitionskomponente. Über eine Benutzerschnittstelle tritt der Benutzer mit dem Expertensystem in Interaktion.

Das für die Diagnose benötigte Wissen ist in der Wissensbasis abgelegt [13]. Das abgelegte Wissen kann unterteilt werden in Regelwissen und fallspezifisches Wissen. Als Regelwissen werden Daten und Fakten bezeichnet, die fest in der Wissensbasis verankert sind. Fallspezifisches Wissen ist Wissen, welches während der Diagnosesitzung vom Benutzer, oder

wie bei dem hier vorgestellten System, von Meßkomponenten erfragt wird.

Das Regelwissen ist entscheidend für die Diagnosefähigkeiten des Diagnosesystems. Je mehr Regeln einem System zur Verfügung stehen, desto genauer kann eine Diagnose gestellt werden. Andererseits wird es mit zunehmender Größe einer Wissensbasis auch immer schwieriger, deren Inhalt widerspruchsfrei zu halten. Erfahrungen zeigen, daß bei einem erfolgreichen Einsatz eines Expertensystems der Wissensbereich, der durch das System abgedeckt werden soll, möglichst klein und abgeschlossen sein soll. Dies ist eine Voraussetzung, die für den Wissensbereich eines Rechnernetzes nicht einfach eingehalten werden kann [2].

Die Problemlösungskomponente eines Expertensystems arbeitet das in der Wissensbasis vorliegende Regelwissen ab. Der Fortgang der Fehlersuche wird durch fallspezifisches Wissen beeinflusst. Fallspezifisches Wissen wird in der Regel durch Benutzerbefragung aufgenommen. Manche Systeme werten zusätzlich auch eine Statistik über die Häufigkeit auftretender Fehler aus [1,4,5,10,11].

Systeme mit einer leeren Wissensbasis werden auch als Expertensystem-Shell bezeichnet. Sie können vom Anwender verwendet werden, um Expertensysteme aufzubauen. Meist sind diese Systeme jedoch nur für bestimmte Anwendungen geeignet, da sich die verwendeten Problemlösungsalgorithmen an der Anwendung orientieren. Manche Anbieter von Expertensystem-Shells geben daher dem Anwender die Möglichkeit eigene Problemlösungsalgorithmen hinzuzufügen [9].

In der Regel werden heute dem Anwender von Expertensystemen neben dem eigentlichen Expertensystem auch Systeme zur Aufnahme von Expertenwissen zur Verfügung gestellt. Dies sind meistens Systeme, die bei der Erfassung von Regelwissen unterstützen. Komponenten, die diese Aufgaben erfüllen werden als Wissensakquisitionskomponenten bezeichnet.

2.2 Modulares, verteiltes Diagnose - Expertensystem

2.2.1 Erweiterung der allgemeinen Expertensystemarchitektur

In diesem Abschnitt wird eine Erweiterung der allgemeinen Expertensystemarchitektur vorgestellt, die es erlaubt den großen Wissensbereich eines Rechnernetzes handzuhaben.

Bild 2.2 zeigt den Aufbau des modularen, verteilten Diagnose - Expertensystems. Die wesentlichen Punkte, in denen es sich von dem unter 2.1 vorgestellten allgemeinen Expertensystem unterscheidet, sind:

- Modularer Aufbau der Wissensbasis,
- Direkter Anschluß von im System verteilten Meß- und Testkomponenten (automatische Testschnittstelle),
- Anschluß an weitere Diagnosesysteme (Diagnosesystem Schnittstelle),
- Anschluß an das Network - Management (Network - Management Schnittstelle) und insbesondere,
- Anschluß an das Configuration Management

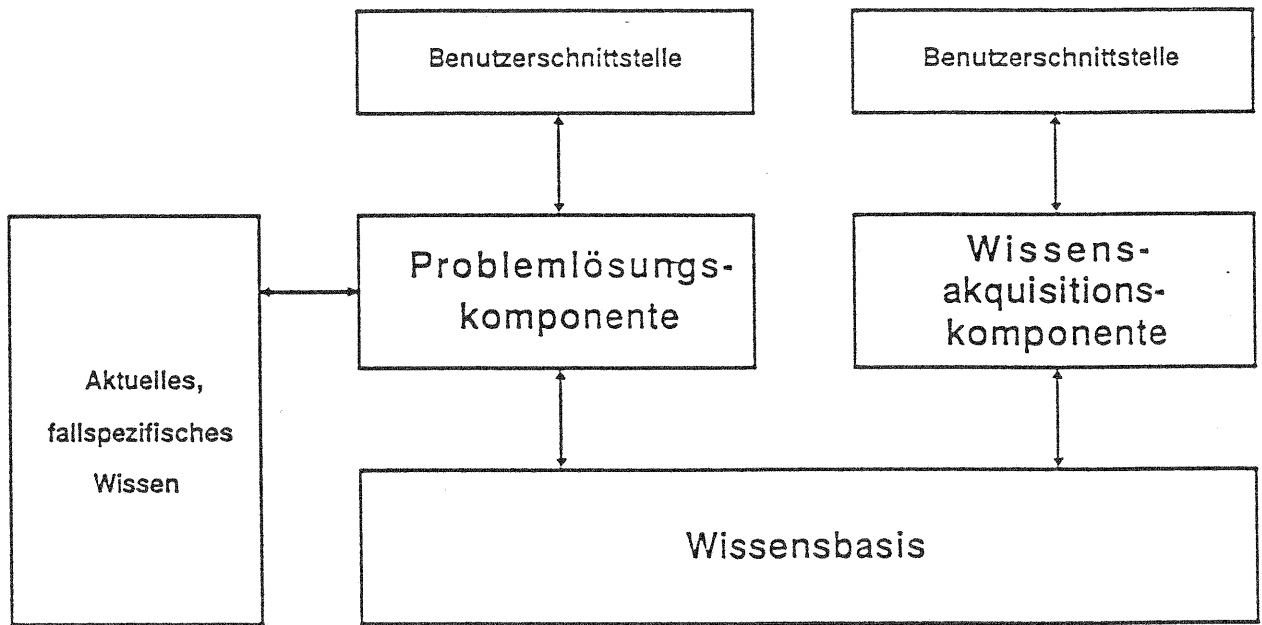


Bild 2.1 Prinzipieller Aufbau eines Expertensystems

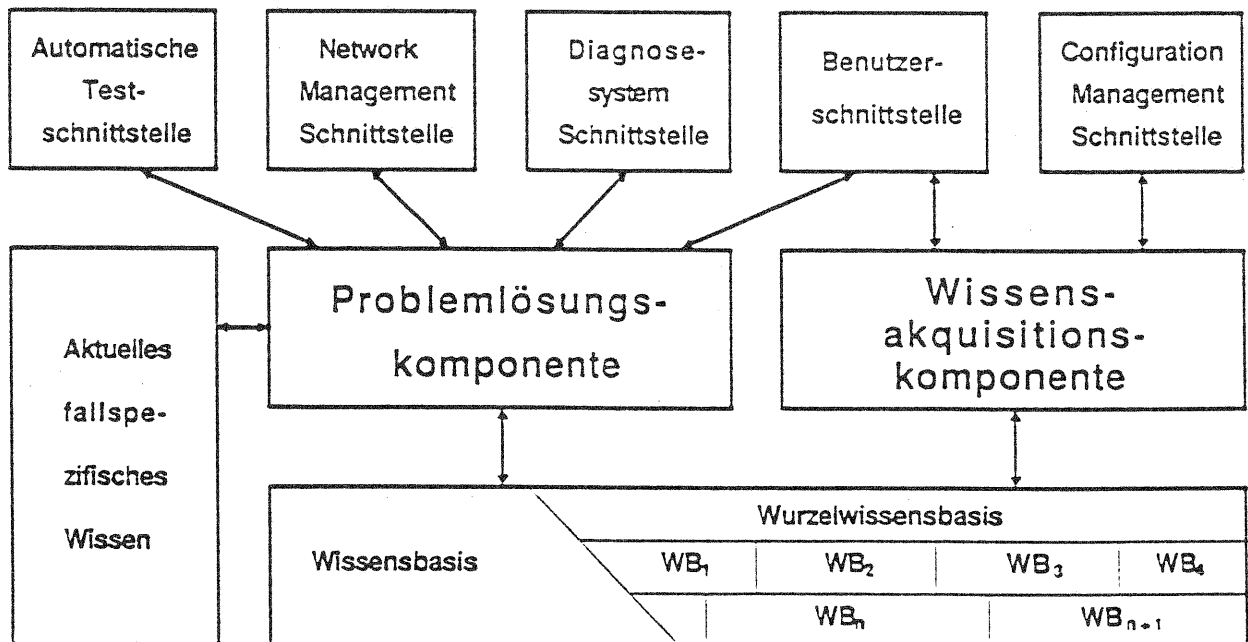


Bild 2.2 Architektur des modularen, verteilten Diagnose - Expertensystems

(Configuration Management Schnittstelle).

Auf die Modularisierung der Wissensbasis und deren Einfluß auf die Problemlösungskomponente wird im folgenden Abschnitt eingegangen. Der direkte Zugang zu im System verteilten Meß- und Testkomponenten wird im darauffolgenden Abschnitt erläutert.

Die Verbindung zu weiteren Diagnosesystemen ist in sehr großen Systemen erforderlich. Mit ihr soll es einem Diagnosesystem ermöglicht werden Anfragen an andere Diagnosesysteme zu richten und entsprechende Antworten zu empfangen und auszuwerten.

Das Network – Management [7,8] ist eine Instanz der verwendeten Protokollsoftware und verfügt über Daten, die den aktuellen Zustand der verwendeten Protokollsoftware auf den einzelnen Stationen wiedergeben. Diese Daten können für die Fehlersuche interessant sein und werden vom Diagnose – Expertensystem über den Anschluß an das Network – Management abgefragt.

Die Wissensakquisitionskomponente verfügt über eine Schnittstelle zum Configuration – Management. In einigen Protokollarchitekturen (z.B. SINEC AP ¹ der Firma Siemens) wird in einer Datenbank der Aufbau des Rechnernetzes gespeichert. Diese Information kann beim Aufbau der Wissensbasis dazu herangezogen werden ein 'Wissensgerüst' zu erzeugen, in das dann Detailinformation eingearbeitet werden kann.

2.2.2 Modularer Aufbau der Wissensbasis

Lokale Netze, wie sie in der Fertigungsautomatisierung verwendet werden, sind recht komplexe Systeme. Dies ist im wesentlichen darin begründet, daß in der Fertigungsautomatisierung Geräte unterschiedlicher Hersteller verwendet werden. Auch finden zum Teil in den höheren Ebenen der Protokollhierarchie unterschiedliche, oft anwendungsspezifische Protokolle Verwendung.

Es ist unwahrscheinlich einen Experten zur Verfügung zu haben, der sich gleichermaßen in allen im System vorhandenen komplexen Subkomponenten auskennt. Vielmehr ist es in der Realität meist so, daß für entsprechende Teilbereiche Bereichsexperten zur Verfügung stehen. Der zuständige Systemexperte für das Gesamtnetz wird bei einem Fehler zunächst das fehlerverursachende Teilsystem ermitteln. Nun bieten sich für die weitere Vorgehensweise zwei Möglichkeiten:

1. Austausch des defekten Teilsystems oder
2. fortführen der Diagnose durch Befragen eines Bereichsexperten für das Teilsystem.

Da ein Austausch des defekten Teilsystems nicht immer möglich ist (z. B. wenn es sich dabei um eine gesamte Rechereinheit handelt), wird der Experte für das Gesamtnetz einen Experten für dieses Teilsystem befragen, ihm seine gemachten Beobachtungen und Messungen mitteilen und ihn beauftragen, die Fehlersuche fortzusetzen. Bild 2.3 veranschaulicht

¹SINEC AP: Siemens Network Architecture for Automation and Engineering - Automation Protocol

diese Vorgehensweise.

Sollte der für das Teilsystem zuständige Experte keinen Fehler im betreffenden Teilsystem finden, dann wird er dies dem Experten für das Gesamtnetz mitteilen, und dieser organisiert die weitere Fehlersuche. Kann der Experte den Fehler jedoch lokalisieren, so kann er ihn entweder beheben oder wiederum einen Experten befragen.

Diese Vorgehensweise ist auch aus der Humanmedizin bekannt. Ein praktischer Arzt wird bei Verdächtigung eines speziellen Organs als Krankheitsursache seinen Patienten an einen Spezialisten überweisen. Auch er wird gemachte Beobachtungen dem Spezialisten mitteilen. Kann der Spezialist die Ursache der Erkrankung ermitteln und durch Behandlung diese beheben, ist die Diagnose abgeschlossen. Ist dies nicht der Fall, dann wird der Spezialist den Patienten an den praktischen Arzt zurücküberweisen und ihm die Ergebnisse seiner Untersuchungen mitteilen. Darauf wird der praktische Arzt anhand des hinzugewonnenen fallspezifischen Wissens die Suche nach einer zutreffenden Diagnose fortsetzen.

Um diese Vorgehensweise mit einem Diagnosesystem nachbilden zu können, wurde die Wissensbasis des Expertensystems modularisiert. Bild 2.3 zeigt den prinzipiellen Aufbau der modularen Wissensbasis. In der Wurzelwissensbasis ist das Systemwissen abgelegt. Dazu gehören im speziellen Anwendungsfall für ein lokales Netzwerk nach IEEE 802.3 (Ethernet) z.B.:

- Daten über die Netzsegmente
(Segmenttyp, Länge, Anzahl der Transceiver, Abstände der Transceiver voneinander, Transceivertyp, usw.),
- Daten über die einzelnen Stationen,
(Stationstyp, Ausstattung, Transceiverkabelänge usw.) und
- Daten über Kommunikationsverbindungen
(Welche Protokolle werden zwischen welchen Stationen verwendet usw.).

Die einzelnen untergeordneten Wissensbasen enthalten Wissen über die Teilsysteme des Systems. Hierbei handelt es sich nicht nur um physikalisch vorhandene Teilsysteme. Kommunikationsverbindungen (z.B. DECnet², TCP/IP³, SINEC AP usw.) werden ebenfalls in eigenen Wissensbasen beschrieben. Jede der modularen Wissensbasen bildet für sich die Wissensbasis für ein Diagnose - Expertensystem für den entsprechenden Teilbereich. Die Wissensbasis für den Stationstyp Siemens PC 16-20 ist gleichzeitig die Wissensbasis eines Diagnose - Expertensystems für diesen Rechnertyp. Ebenso stellt z. B. die Wissensbasis für die Kommunikation zwischen PC und DEC VAX-Rechnern unter DECnet die Wissensbasis für ein Diagnose - Expertensystem eben für diese Wissensdomäne dar.

Die modularen Wissensbasen können wiederum weiter unterteilt sein; z. B. kann für die Kommunikationsanschaltung eines Rechnertypes eine eigene Wissensbasis für notwendig erachtet werden. Ebenso können zwischen den einzelnen Wissensbasen Beziehungen bestehen.

²DECnet: Digital Equipment Corporation Network Protocol

³TCP/IP: Transmission Control Protocol / Internet Protocol

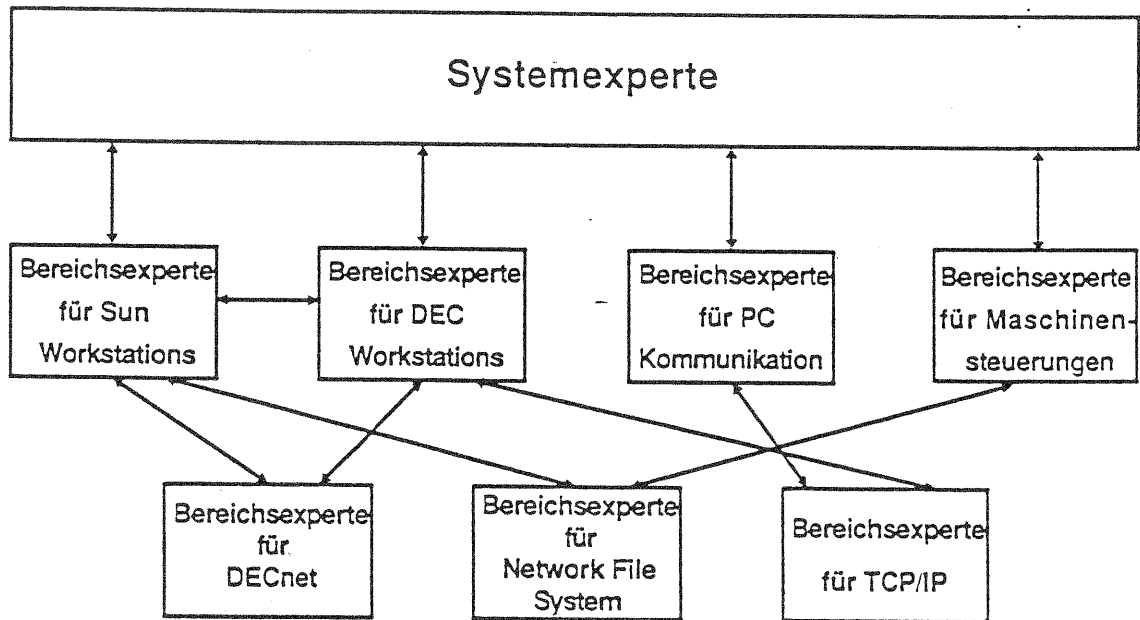


Bild 2.3 Diagnose in großen Systemen. Ein System Experte koordiniert die Fehlersuche. Er ist in der Lage eine defekte Teilkomponente zu erkennen. Für die weitere Diagnose konsultiert er dann einen Bereichsexperten. Bereichsexperten kommunizieren auch untereinander.

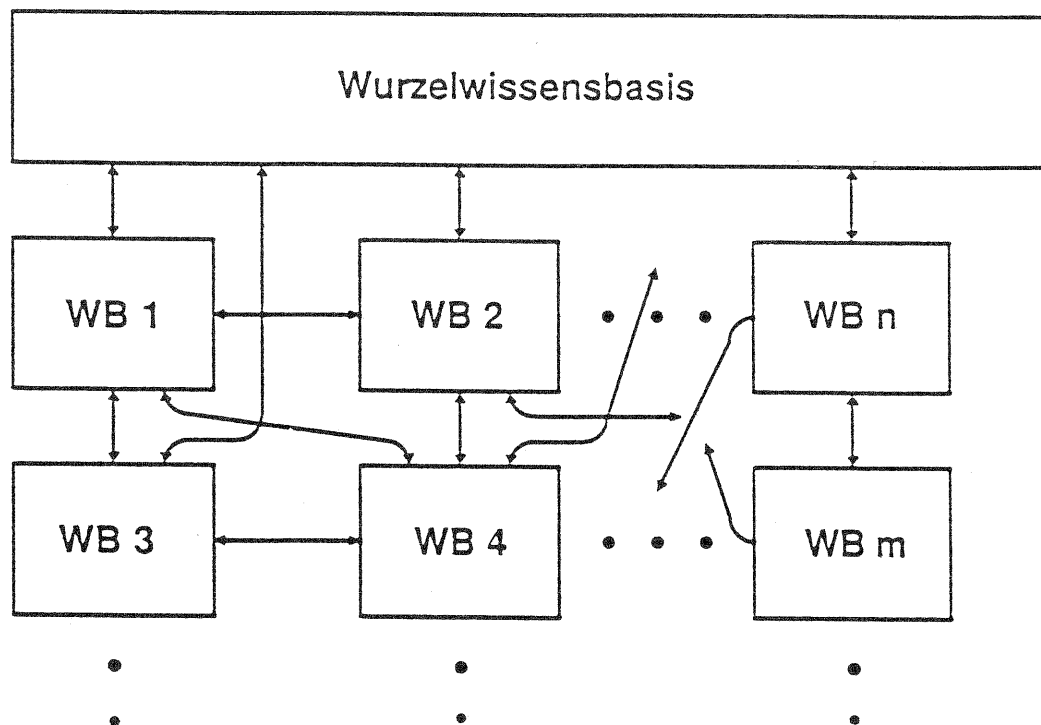


Bild 2.4 Prinzipieller Aufbau der modularen Wissensbasis

Durch die Modularisierung der Wissensbasis ist es möglich die einzelnen Wissensbasen von den Experten für das betreffende Teilgebiet erstellen zu lassen. Man erhält dadurch kleine und damit überschaubare Wissensdomänen. Die Konsistenz der Wissensbasen für diese Wissensdomänen ist dadurch einfacher zu gewährleisten. Dadurch wird die Konsistenz der Wissensbasis für das Gesamtsystem ebenfalls eher garantiert. In der Regel wird man anstreben, daß die Entwicklungsabteilungen selbst, mit Unterstützung durch geeignete Werkzeuge, die Wissensbasen für ihre Teilsysteme aufbauen. Um den verteilten Aufbau der Wissensbasen zu ermöglichen, ist eine Standardisierung des Aufbaus der Wissensbasis anzustreben. Die Verfügbarkeit einer verwertbaren Wissensbasis für ein Diagnosesystem kann dann mit zu einem Verkaufskriterium für Rechnernetzkomponenten werden. Natürlich wird man immer Anpassungsarbeit leisten müssen, wenn neue modulare Wissensbasen zu einer Gesamtwissensbasis hinzugefügt werden. Diese Arbeiten beschränken sich aber auf die gemeinsame Schnittstelle. Darauf wird in Punkt 3.6 noch eingegangen.

Der Aufbau einer Wissensbasis für ein Rechnernetz vereinfacht durch die Verwendung der modularen Wissensbasen auf den Aufbau der Wurzelwissensbasis und die Erstellung der Schnittstellen zu den Teilwissensbasen.

2.2.3 Verteilte Meß- und Testkomponenten

Zur Durchführung einer Fehlerdiagnose gehört zunächst die Aufnahme von fallspezifischem Wissen. Dieses Wissen wird in der Regel durch Befragen des Anwenders ermittelt und in einem speziellen Datenbereich (Agenda) innerhalb des Diagnose - Expertensystems abgelegt. Um nun eine Fehlerdiagnose möglichst schnell durchführen zu können, sollten Meßaufgaben, sofern möglich, automatisch vom Diagnosesystem ausgeführt werden können, wobei das Diagnosesystem nicht unbedingt den Gesamtablauf einer Messung steuert, sondern vielmehr nur Meßaufträge an Meßkomponenten absetzt und die ermittelten Meßergebnisse von Meßkomponenten empfängt. Zudem sollte das Diagnosesystem die Möglichkeit haben, Testroutinen auf zu untersuchende Zielsystemen zu transferieren, zu starten, die Testergebnisse abzurufen und auszuwerten. Dies können z.B. Tests sein, welche vom Hersteller einzelner Komponenten für deren Installation mitgeliefert werden [2]. Diese Anforderung macht es erforderlich, daß die Diagnosestation selbst einen Zugang zum Netz hat.

3. Implementierung

3.1 Allgemeines zur Implementierung

Um das dargestellte Konzept auf seine praktische Verwendbarkeit hin zu überprüfen, wurde die Implementierung durch Modifizierung der Expertensystem-Shell SIDEX durchgeführt. Die Expertensystem-Shell SIDEX wurde uns freundlicherweise von der Firma Siemens zu Verfügung gestellt und läuft auf einem IBM AT⁴ - kompatiblen Rechner unter MS-DOS⁵ und wurde in der Programmiersprache C implementiert. Als Datenbanksystem für die Wissensbasis wurde das R:BASE⁶ - System verwendet.

3.2 Objekte des Expertensystems

⁴IBM: International Business Machines Corporation

⁵Warenzeichen der Firma MICROSOFT

⁶Warenzeichen der Firma MICRORIM

3.2.1 Beschreibung der Objekttypen

Die Expertensystem – Shell arbeitet mit Objekten. Es werden folgende Objekttypen verwendet:

- Komponente,
- Diagnose,
- Symptome,
- Test,
- Fragen,
- Antwort,
- Therapie und
- Erklärung.

Als Komponenten werden alle physikalisch im System vorhandenen Teilsysteme und deren Teilsysteme usw. bezeichnet. Jedes physikalisch vorhandene System ist eine mögliche Fehlerursache.

Fehlerursachen werden als Diagnosen bezeichnet. Diagnosen können zunächst einmal alle im System vorhandenen Komponenten sein. Fehlerhafte Zustände, wie z.B. das Ausfallen einer bestimmten Kommunikationsbeziehung, stellen weitere Diagnosen dar.

Fehler in einem Gesamtsystem äußern sich durch Symptome. Ein Fehler kann mehrere Symptome haben, die auf sein Vorliegen zurückschließen lassen. Einem Symptom können ebenfalls mehrere Fehlerursachen, also Diagnosen zugeordnet werden. Das Vorliegen eines bestimmten Fehlers kann eindeutig nachgewiesen werden, wenn sich sein Erscheinungsbild in mindestens einem Symptom von dem anderer Fehler unterscheidet.

Für die Aufnahme von fallspezifischem Wissen sind die Objekttypen Test, Frage und Antwort vorgesehen. Wenn für ein Symptom ein Test vorhanden ist, wird das System diesen Test durchführen, um das Vorhandensein des Symptoms zu prüfen. Ist kein Test vorhanden, dann wird das System den Anwender fragen, ob das betreffende Symptom vorliegt. Dazu bietet das System dem Anwender vordefinierte Antworten an.

Für die Interaktion zwischen Benutzer und Diagnose - Expertensystem besteht die Möglichkeit, eigene Fragen und dazugehörige Antworten zu definieren.

Erklärungen dienen dazu, dem Anwender den Umgang mit dem System zu erleichtern. Sie bestehen in der Regel aus Text- oder Graphikdateien, die auf dem Bildschirm ausgegeben werden, wenn der Benutzer eine Erklärung wünscht.

Wird eine Diagnose bestätigt, dann wird dem Benutzer ein Therapievorschlagn ausgegeben. Dieser Vorschlag ist wiederum in einer Text- oder Graphikdatei abgelegt und wird auf dem Bildschirm ausgegeben.

3.2.2 Objektbeziehungen

Die Wissensbasen des Diagnose – Expertensystems sind hierarchisch aufgebaut. Mit Hilfe der Komponentenhierarchie soll der Aufbau des Systems für die Diagnose beschrieben

werden. Dabei sollte man sich an dem unter Abschnitt 1 beschriebenen Systemmodell orientieren. Die höchste Komponente einer Komponentenhierarchie wird als Wurzelkomponente bezeichnet. Jede Komponente kann jeweils nur eine Vorgängerkomponente (Vater) haben und beliebig viele Nachfolgerkomponenten (Söhne). Durch diese Struktur läßt sich das System in seine Einzelteile untergliedern.

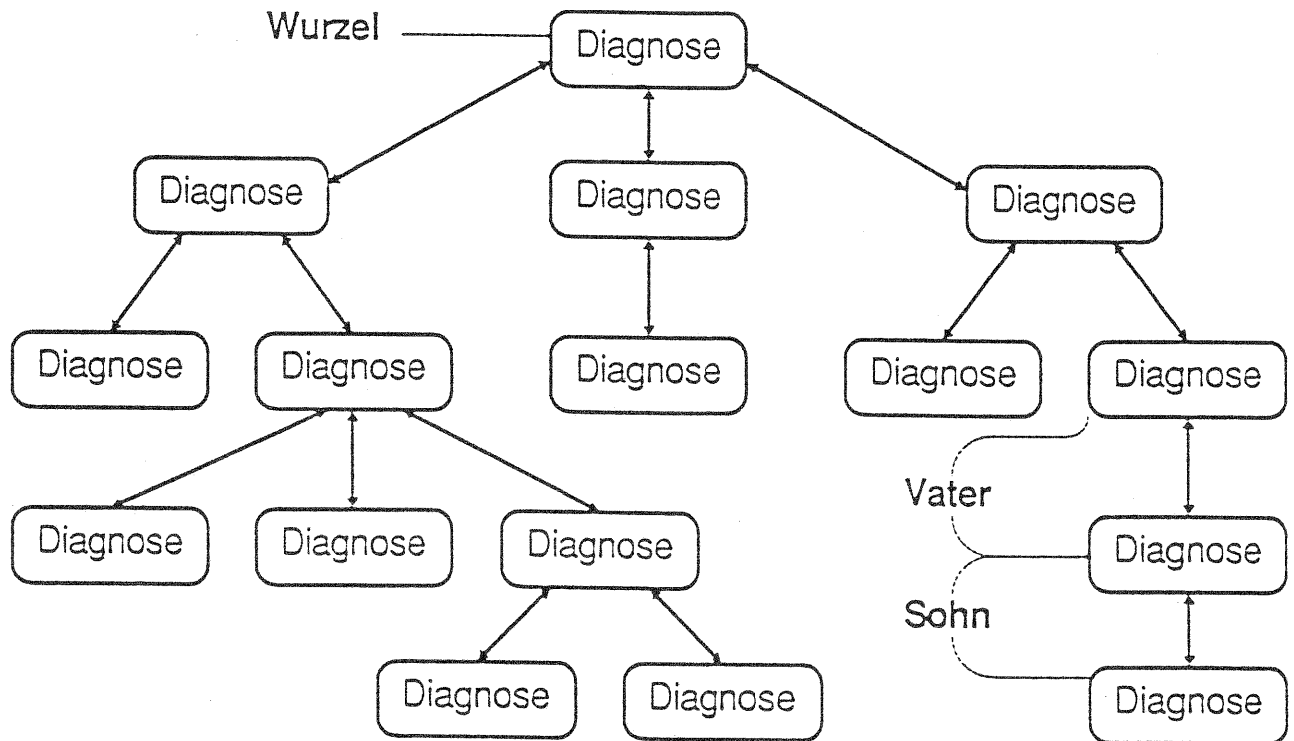


Bild 3.1 Beispiel einer Hierarchie

Jede Komponente wird automatisch auch als Diagnose geführt, denn jede Komponente kann auch Fehlerursache sein. Neben den physikalischen Komponenten können aber auch Systemzustände fehlerhaft sein. Bei einem Rechnernetz kann ein solcher fehlerhafter Zustand z.B. ein Fehler in der Kommunikationsbeziehung zwischen zwei Rechnern sein. Diese zusätzlichen Diagnosen werden in die Diagnosehierarchie eingebracht. Bild 3.1 zeigt den Hierarchieaufbau am Beispiel der Diagnosehierarchie.

Im Gegensatz zur Komponentenhierarchie kann in der Diagnosehierarchie der Nachfolgerdiagnose eine Punktzahl zugeordnet werden. Diese Punktzahl gibt an, wieviel Punkte die Vorgängerdiagnose erreicht haben muß, damit die Nachfolgerdiagnose untersucht wird.

Die Symptome werden Diagnosen zugeordnet. Jeder Symptom - Diagnose Beziehung wird eine Punktzahl zugeordnet mit der die Bedeutung eines Symptoms bezüglich der Diagnose gewichtet wird. Bild 3.2 veranschaulicht die Symptom - Diagnose Beziehung.

Jeder Diagnose können mehrere Symptome zugeordnet werden. Das Symptom mit der höchsten Punktzahl hat für die betreffende Diagnose das stärkste Gewicht. Die Punkte werden intern auf eine Skala zwischen -100 und +100 normiert, um die Diagnosen miteinander vergleichen zu können. Hat die Bewertung einer Diagnose einen Wert kleiner als -90, so wird die betreffende Diagnose ausgeschlossen, bei Werten grösser als 90 wird die Diagnose

als gesichert betrachtet. Bild 3.3 zeigt die möglichen Beziehungen zwischen den Objekten.

Den Diagnosen können zusätzliche Fragen und Antworten zugeordnet werden. Die Reihenfolge der Fragen wird in einer Fragenhierarchie festgelegt. Der Antwort - Diagnose Beziehung wird in ihrer Bedeutung bezüglich der Diagnose ebenfalls ein Punktwert zugeordnet.

Den Symptomen können Tests zugeordnet werden. Ein Test dient zur automatischen, vom System gesteuerten Ermittlung, ob das zugeordnete Symptom vorhanden ist.

3.3 Bewertung von unsicherem Wissen

Durch die Bewertung von Symptomen und Antworten auf Fragen werden den Diagnosen Punkte zugeordnet. Da die Frage nach dem Vorhandensein eines Symptoms nicht immer sicher beantwortet werden kann, werden dem Benutzer folgende Antwortmöglichkeiten angeboten:

- ja
- wahrscheinlich
- vielleicht
- unbekannt
- unwahrscheinlich
- nein

Damit kann auch unsicheres Wissen bei einer Diagnosebewertung berücksichtigt werden. Es fließt durch einen Faktor, mit dem die Gewichtung einer gegebenen Symptom - Diagnose Beziehung multipliziert wird, in die Gesamtbewertung einer Diagnose ein. Bild 3.4 zeigt diesen Zusammenhang.

Werden Symptome durch automatische Tests bewertet, so sind hier nur zwei Bewertungen möglich. Entweder wird das Symptom durch den Test bestätigt oder nicht. Dies entspricht den vordefinierten Antworten Ja und Nein.

3.4 Problemlösungskomponente

Eine Diagnosesitzung beginnt mit der Verdächtigung einer Diagnose. Dabei kann es sich um die Wurzel der Diagnosehierarchie oder eine untergeordnete Diagnose handeln. Die Verdächtigung kann durch ein Test- bzw. Monitorprogramm erfolgen. Das Programm beobachtet das Rechnernetz im laufenden Betrieb und übergibt nach Erkennen von Fehlersymptomen diese an das Expertensystem. Das Expertensystem generiert aus den Symptomen die Verdächtigung einer Diagnose. Ebenso ist eine Verdächtigung von Diagnosen durch den Anwender möglich.

Der Problemlösungsmechanismus (Inferenzmechanismus) von SIDEX verwendet mehrere Diagnosestrategien. Um möglichst schnell einen Fehler zu lokalisieren, wird die Diagnosehierarchie soweit möglich von der Anfangsverdächtigung aus in der 'Depth-First' - Methode abgearbeitet. Erst wenn Nachfolgerdiagnosen nicht mehr sofort bestätigt werden können wird zusätzlich die 'Breadth-First' - Methode aktiviert. Dann wird der durch die Diag-

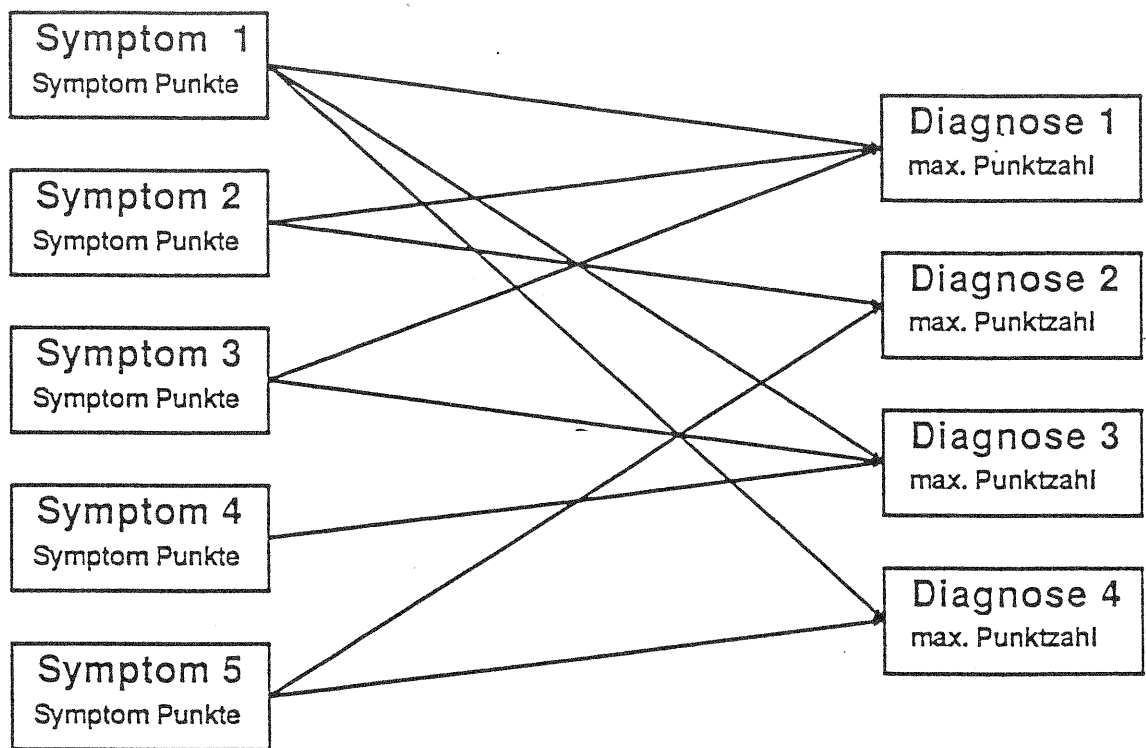


Bild 3.2 Symptom - Diagnose Beziehung

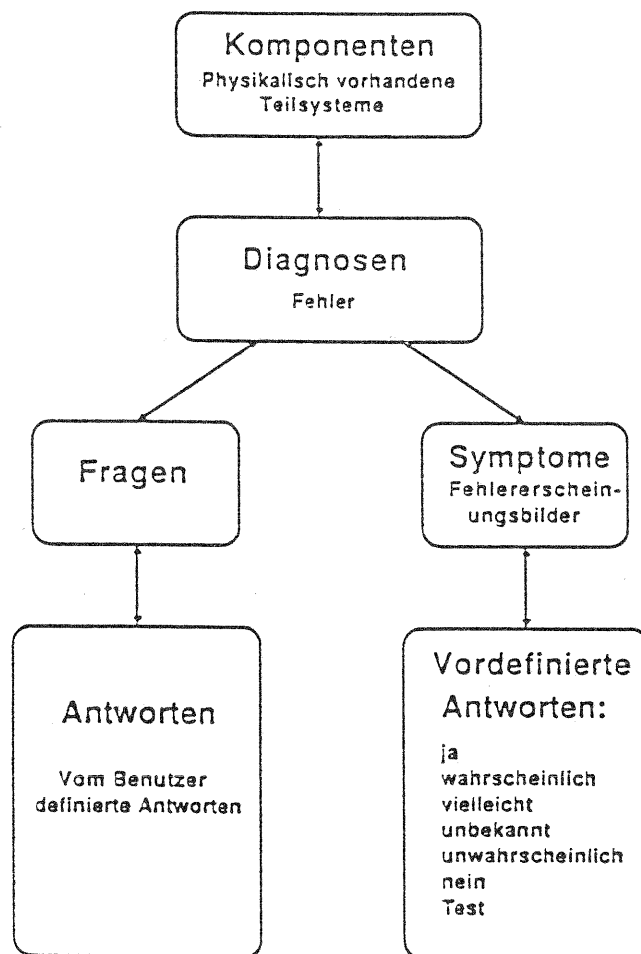


Bild 3.3 Beziehungen zwischen den Objekttypen

nosehierarchie gebildete Suchraum auch in horizontaler Richtung abgearbeitet.

Erfasste Symptome, ihre Bewertung und der Bewertungsstand von Diagnosen werden in der sogenannten Agenda festgehalten. Bild 3.5 veranschaulicht den Problemlösungsalgorithmus. Ausgehend von der Diagnose 1, die momentan am verdächtigsten sei, wird mittels 'Backward-Chaining' versucht, diese Diagnose weiter zu bestätigen. Dazu werden alle dieser Diagnose zugeordneten Symptome erfragt. Das Erfragen kann sowohl interaktiv vom Benutzer erfolgen, als auch durch automatische Tests. Die erfragten Symptome werden mit ihrer Bewertung gleichfalls allen Diagnosen zugeordnet denen die Symptome zugeordnet sind (Forward-Chaining). Konnte die Diagnose 1 bestätigt werden, wird zu einer ihr nachfolgenden Diagnose verzweigt. Da einer Diagnose in der Regel mehrere Diagnosen nachfolgen, wird zunächst versucht die statistisch am häufigsten vorkommende Nachfolgerdiagnose (Diagnose 2) zu bestätigen. Kann diese bestätigt werden, dann greift die 'Depth-First' - Methode und es wird zur nächsten Nachfolgerdiagnose (Diagnose n) verzweigt. Kann die Diagnose nicht bestätigt werden, dann wird die 'Breadth-First' - Methode angewendet und zur nächsthäufigen Nachfolgerdiagnose von Diagnose 1 verzweigt.

Wurde bei der Suche nach einer zutreffenden Diagnose ein falscher Ast der Diagnosehierarchie abgearbeitet, dann arbeitet sich die Problemlösungskomponente bis zu der Diagnosehierarchieebene zurück, in der eine nicht überprüfte, durch Symptomabfragen aber bereits teilweise bestätigte Nachfolgerdiagnose erkannt wird. Diese Nachfolgerdiagnose wird dann überprüft und ausgehend von dieser wird die Diagnose fortgesetzt.

Um zu vermeiden, daß ein Diagnoseast bis zu Ende abgearbeitet werden muß, bis erkannt wird, daß es sich um einen falschen Ast handelt, können beim Wissenserwerb den Nachfolgerdiagnosen Mindestwerte zugeordnet werden. Eine Nachfolgerdiagnose wird dann erst aktiviert, wenn ihr im bisherigen Verlauf der Diagnosesitzung durch 'Forward-Chaining' genügend Punkte zugeordnet wurden.

3.5 Testschnittstelle

Die Automatisierung der Aufnahme von fallspezifischem Wissen wird durch eine Testschnittstelle erreicht. Durch Tests können Symptome überprüft werden. Tests können einem oder mehreren Symptomen zugeordnet werden. Tests werden durch eine Testidentifikationsnummer, die von der Wissenserwerbskomponente vergeben wird, aufgerufen. Das Testergebnis enthält die Bewertung der dem Test zugeordneten Symptome und wird in einer Datei abgelegt, die von der Problemlösungskomponente ausgewertet wird. Dadurch ist es einfach möglich Tests in das System einzubinden. Da der Datenaustausch zwischen Diagnosesystem und Tests über Dateien abläuft, lassen sich Tests unterschiedlichster Art und Herkunft einbinden. Es können z.B. Testgeräte gesteuert werden, Tests auf andere Stationen übertragen und ferngesteuert gestartet werden, usw.. Mit der Testschnittstelle ist dem Diagnosesystem die Möglichkeit gegeben, fallspezifisches Wissen automatisch dem System zu entnehmen.

3.6 Schnittstelle zwischen den Wissensbasen

Die Verbindung zwischen einzelnen Wissensbasen wird durch die Beziehung Diagnose - Wissensbasis hergestellt. Gilt eine Diagnose als gesichert, dann hat der Benutzer zwei Möglichkeiten:

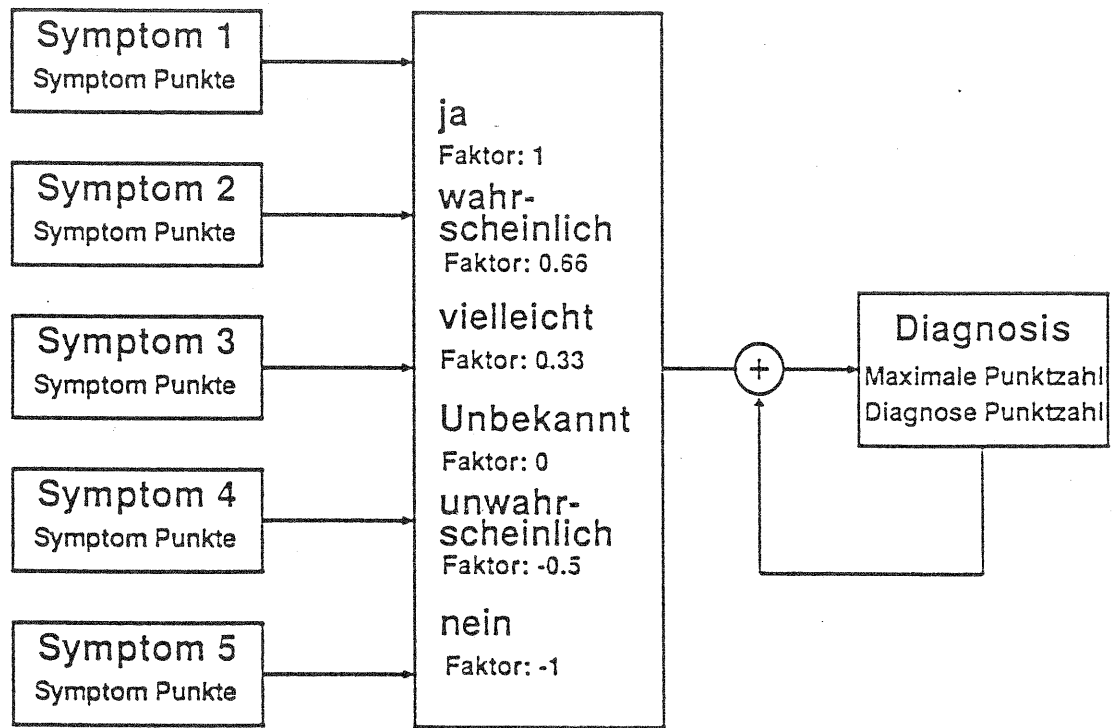


Bild 3.4 Bewertung einer Symptom - Diagnose Beziehung. Die maximal mögliche Punktzahl, mit der ein Sympton zur Bestätigung einer Diagnose beitragen kann, wird durch einen Faktor, abhängig von ausgewählten vordefinierten Antworten, bewertet.

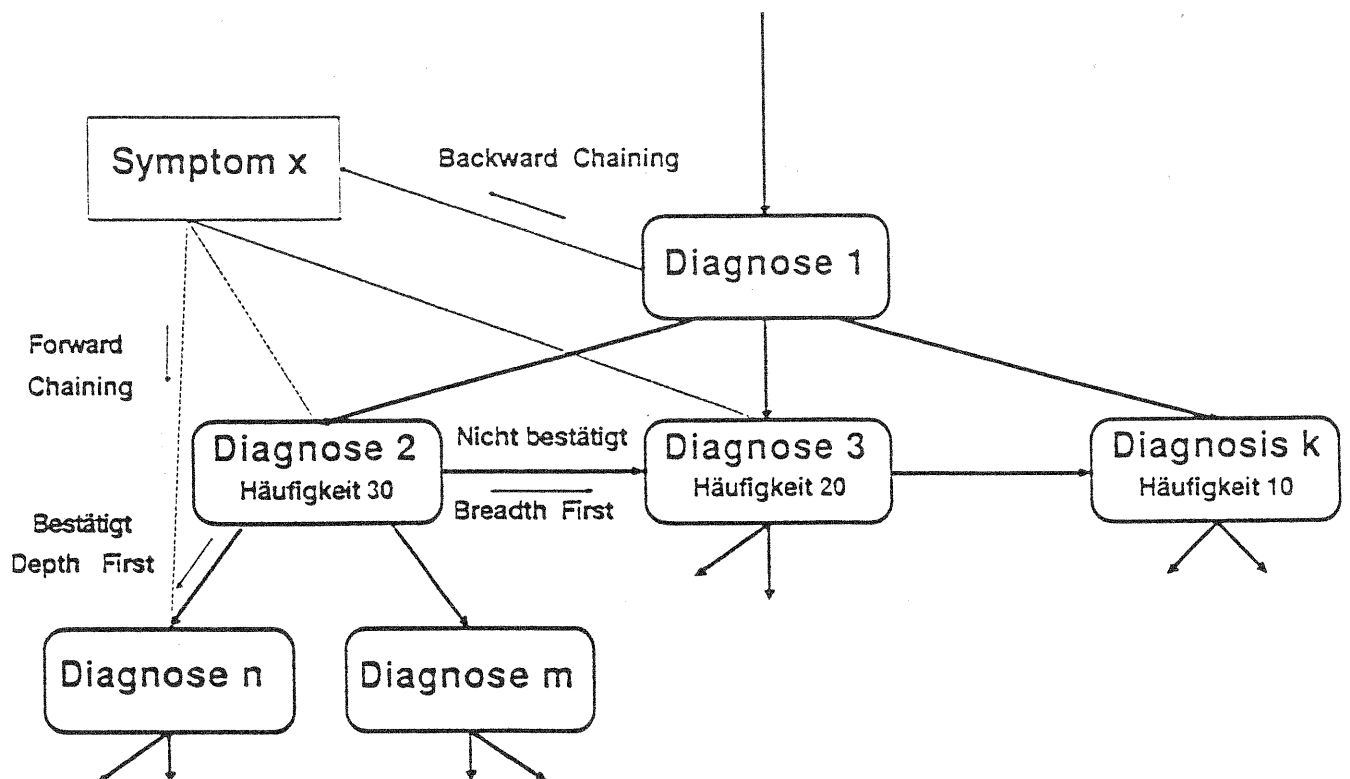


Bild 3.5 Darstellung des implementierten Problemlösungsalgorithmus

1. Austauschen der betreffenden Komponenten oder
2. laden einer neuen Wissensbasis, um die Diagnose speziell in dem zugehörigen Wissensbereich fortzusetzen.

Für die Kommunikation zwischen den einzelnen Wissensbasen ist die Agenda unterteilt in eine globale und eine lokale Agenda. Vor dem Laden einer neuen Wissensbasis werden erfaßte Symptome, die eventuell für andere Wissensbasen interessant sind, mit ihrer Bewertung in die globale Agenda übernommen. Nach Laden der neuen Wissensbasis wird anhand einer Mapping Tabelle eine neue lokale Agenda für den neuen Teilbereich aufgebaut. Anhand der bekannten Symptome kann eine Diagnose der neuen WB verdächtigt werden. Können keine Symptome übergeben werden, dann wird nach Laden der neuen Wissensbasis die Wurzeldiagnose dieser Wissensbasis verdächtigt. Bild 3.6 veranschaulicht den Vorgang der Verdachtsgenerierung beim Laden einer neuen Wissensbasis.

Spezielle Konfigurationen von Netzkomponenten wie z.B. bei einem verdächtigten PC der Netzwerkschaltungstyp, das Betriebssystem oder der Kommunikationsprotokolltyp können mittels eines Parametersatzes übergeben werden. Der Parametersatz wird beim Erstellen der Beziehung zwischen Diagnose und Wissensbasis festgelegt. Werden keine Parameter übergeben, werden spezielle Konfigurationen bei Bedarf vom Benutzer erfragt.

Die modularen Wissensbasen, die mit einer Wurzelwissensbasis zu einem Gesamtsystem zusammengebunden werden, können getrennt erstellt werden. Um sie zusammenzubinden genügt es zunächst die entsprechenden Diagnose - Wissensbasis Beziehungen zu schaffen. Sollen Symptome übergeben werden, dann müssen die interessierenden Symptome zu globalen Symptomen deklariert werden, d.h. sie werden vor dem Laden einer neuen Wissensbasis in die globale Agenda übernommen. Die Symptome, die in die globale Agenda übernommen werden sollen, werden mittels einer zur aktuellen Wissensbasis gehörenden Mapping Tabelle ermittelt. Mit der Mapping Tabelle kann auch eine Bezeichnungsangleichung durchgeführt werden. Dieselbe Mapping Tabelle wird auch verwendet um globale Symptome auf die lokale Agenda einer neu geladenen Wissensbasis abzubilden.

4. Ergebnis und Ausblick

Die unter Abschnitt 3.1 genannte Systemumgebung hat sich für die Implementierung eines solch umfangreichen Systems als wenig geeignet erwiesen. Haupthindernisse sind der zu kleine Arbeitsspeicher und die Single-Tasking Eigenschaft des Betriebssystems. So ist es z.B. nicht möglich einen separaten Empfangsprozß im Hintergrund zu haben, um Antworten befragter Stationen zu empfangen.

Mit der vorliegenden Implementierung konnte dennoch gezeigt werden, daß es möglich ist einen Großteil des zur Diagnose notwendigen fallspezifischen Wissens automatisch aus dem System aufzunehmen und zu verwerten.

Der Aufbau einer Wissensbasis mit getrennt erstellten Wissensbasismodulen hat sich für die gegebene Anwendung als sinnvoll erwiesen. Die Unterteilung der Wissensbasis in mehrere Module hatte keine wesentliche Laufzeiterhöhung zur Folge. Bedingt durch das verwendete Datenbanksystem kann das Durchsuchen der Wissensbasis nach zutreffenden Beziehungen

in Abhängigkeit von der Größe der Wissensbasis jedoch mehrere Minuten in Anspruch nehmen. Verglichen mit der Zeit, die man jedoch benötigen würde, um mit entsprechenden Handbüchern nach den Fehlerursachen zu suchen, ist diese Zeit gering. Ein Zeitmaß für die mittlere Dauer einer Diagnosesitzung anzugeben ist schwer möglich, da diese sehr vom Fehlerfall abhängt.

Das System ist während des Netzbetriebes betreibbar und beobachtet mittels eines Testprogramms das Rechnernetz. Werden eingestellte Grenzwerte überschritten (z.B. die Anzahl der abgebrochenen Verbindungen in Bezug zur Gesamtzahl der Verbindungen) dann wird automatisch die Problemlösungskomponente gestartet.

Eine Beispielimplementierung einer modularen Wissensbasis für das Rechnernetz des Instituts für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung (IND) der Universität Stuttgart ist verfügbar und wird erfolgreich eingesetzt. Im weiteren Fortgang der Arbeit wird zunächst daran gedacht, das Diagnosesystem unter dem Betriebssystem UNIX neu zu implementieren.

Bei der Arbeit mit der derzeitigen Implementierung hat sich gezeigt, daß es schwierig ist ein Rechnernetz ausschließlich hierarchisch zu beschreiben. Bei der geplanten Neuimplementierung wird man daher neben hierarchisch aufgebauten modularen Wissensbasen auch modulare Wissensbasen mit einer heterarchischen Beschreibungsweise zulassen. Beide Modellierungstypen zu verwenden erscheint sinnvoll, da einzelne Stationen sich sehr gut hierarchisch beschreiben lassen.

Weiter wird daran gearbeitet, dem Diagnosesystem eine Schnittstelle hinzuzufügen, mit der Anfragen automatisiert an das System gerichtet werden können und Ergebnisse von durchgeführten Diagnoseuntersuchungen zurückgegeben werden können. Damit soll die Möglichkeit geschaffen werden Diagnosesystemhierarchien aufzubauen.

Neben der Protokollentwicklung für Rechnernetze befinden sich Network Management-Protokolle in der Entwicklung. Die Möglichkeiten des Network Management sollen dem Diagnosesystem zugänglich gemacht werden. Auch hierfür wird an die Implementierung einer geeigneten Schnittstelle gedacht.

Für die Netzwerkarchitektur SINEC H1 der Firma Siemens existiert ein Tool, mit dessen Hilfe ein Rechnernetz projektiert werden kann. Die Netzwerksdaten, wie Anzahl der Segmente, Segmentlänge, Verbindung zu anderen Segmenten, Anzahl der Stationen pro Segment, Stationstyp, Protokolltyp und vieles mehr, werden in einer Datenbasis abgelegt. Aus den in dieser Datenbasis enthaltenen Informationen kann ein Gerüst für eine Wurzelwissensbasis generiert werden. An einem Werkzeug zur automatischen Erzeugung des Gerüsts wird gearbeitet.

Für die Aufnahme von fallspezifischem Wissen werden spezielle Diagnosekomponenten wie Echobox, Durchflußmesser und Automatischer Reflexionsmesser entwickelt, die mit einem eigenen Zugang zum Rechnernetz versehen sind. Damit können diese Komponenten über das Rechnernetz befragt und gesteuert werden.

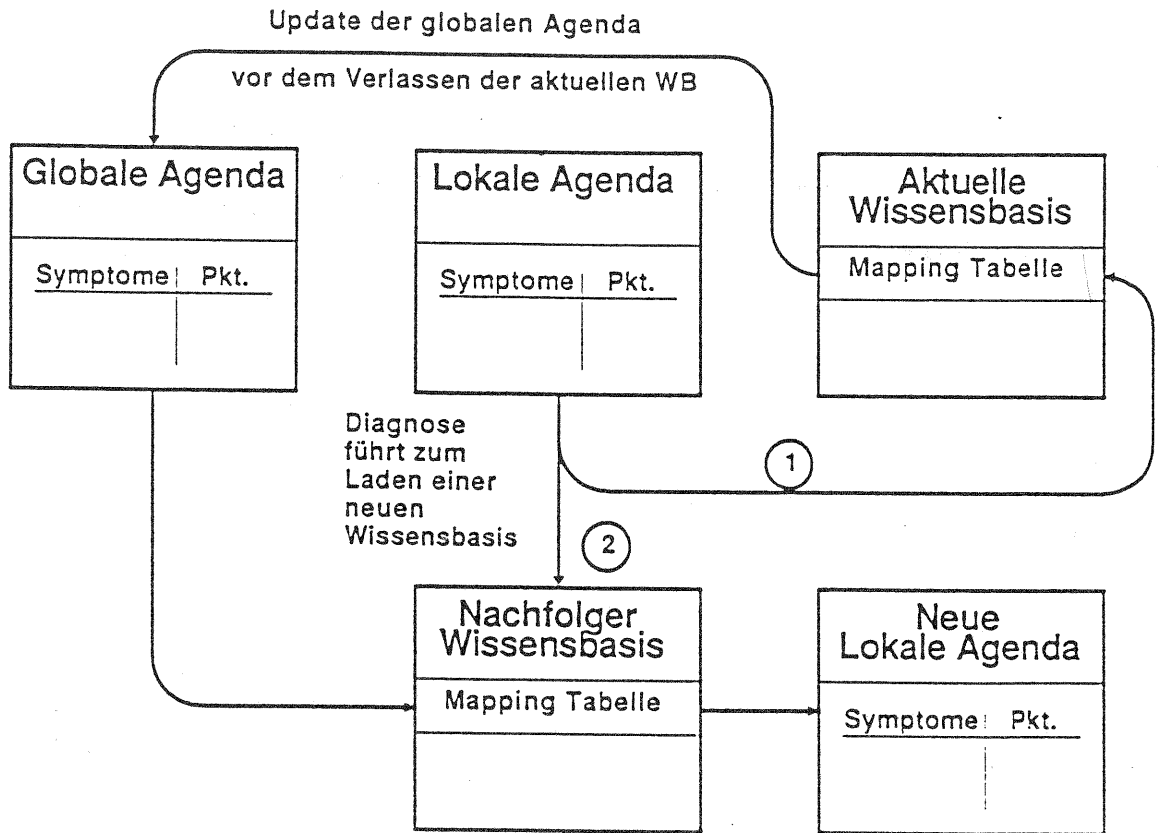


Bild 3.6 Verdachtgenerierung beim Laden einer neuen Wissensbasis

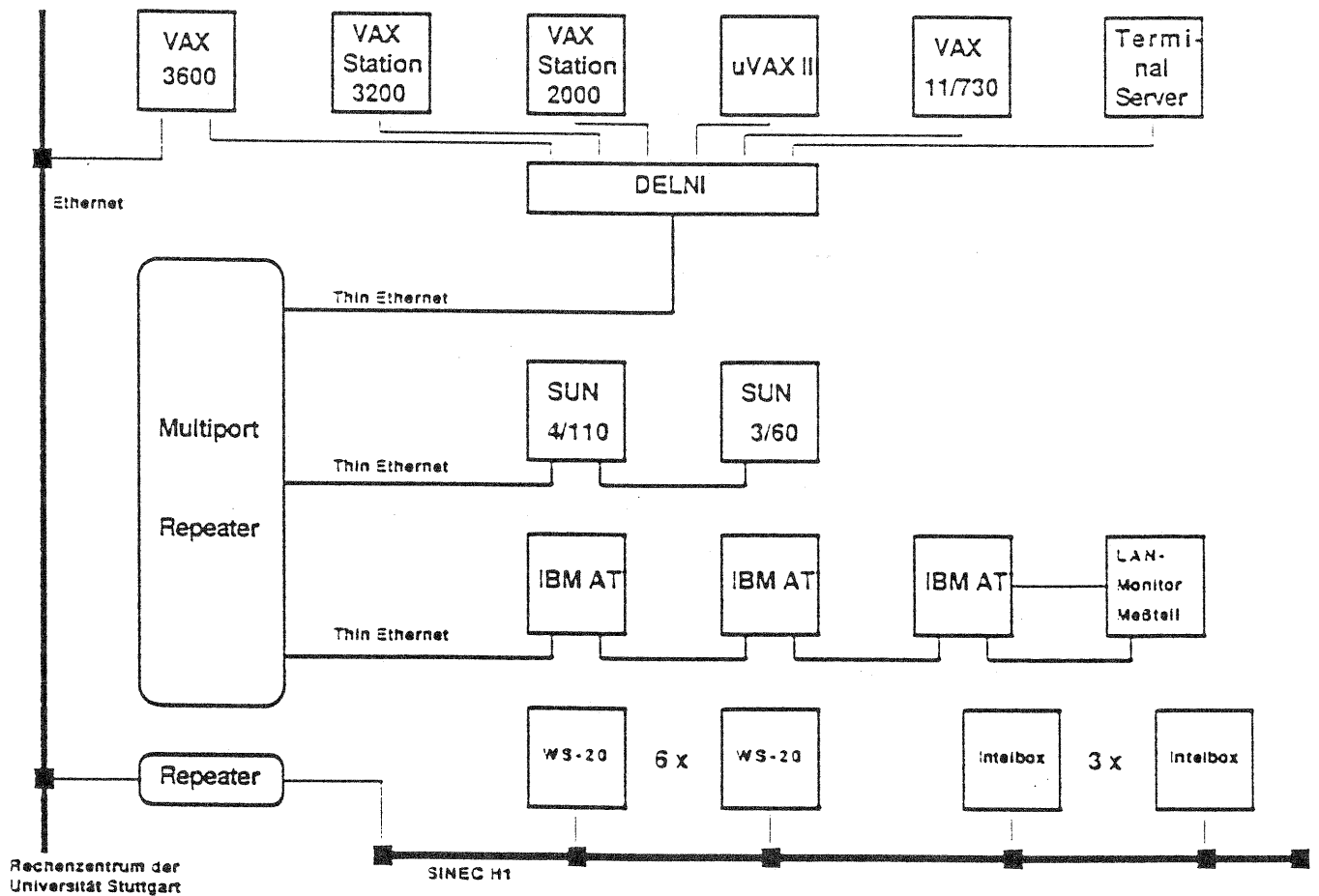


Bild 4.1 Rechnernetz des Instituts für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung.

Literatur

- [1] BATHELT P.: "Diagnoseexpertensysteme: Stand der Entwicklung im BMFT Verbundvorhaben TEX-I", *Tagungsband GI-Kongreß WISSENSBASIERTE SYSTEME, Informatik Fachberichte*, Vol. 155, Springer 1987.
- [2] BATHELT P., PFEIFER K.: "Functions and possible applications of the B5100 LAN protocol tester from Siemens", *Proceedings EFOC/LAN 87*, S. 392-397, 1987.
- [3] BATHELT P.: "Ein Werkzeug zur Analyse des Kommunikationsverhaltens lokaler Netze", *Proceedings Prozeßrechnungssystem '88, Informatik Fachberichte*, Vol. 167, S. 183-192, Springer Verlag, 1988.
- [4] DAL CIN M., PHILLIP T.: "Expertensysteme für die Fehlerdiagnose", *Informationstechnik*, 4/1988, S. 237-246.
- [5] HAUBNER H.-J., KORNMANN H.: "Fehlerdiagnose in verteilten Rechnersystemen mit dem Expertensystem REX", *Tagungsband Prozeßrechnungssystem '88, Informatik Fachberichte*, Vol. 167, S. 762-771, Springer Verlag, 1988.
- [6] JACKSON P.: *Introduction to Expert Systems*, Addison Wesley 1986, (deutsche Übersetzung 1987).
- [7] KIESEL W.M., SCHREIBER-EIRUND G.B.: "Netzwerkmanagement in industriellen lokalen Netzen", *Tagungsband Prozeßrechnungssysteme '88, Informatik Fachberichte*, Vol. 167, S. 154-162, Springer Verlag, 1988.
- [8] KIESEL, W. M.: "Netzwerkmanagement für Kommunikationsnetze in der Produktionsautomatisierung", *Tagungsband Kommunikation in verteilten Systemen, Informatik Fachberichte*, Vol. 205, S. 718-729, Springer Verlag, 1989.
- [9] MESCHEDER B., WESTERHOFF T.: "Offene Architekturen in Expertensystem-Shells", *Angewandte Informatik*, 9/88, S. 390-398, F. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft.
- [10] PUPPE F.: *Diagnostisches Problemlösen mit Expertensystemen, Informatik Fachberichte*, Vol. 148, Springer Verlag, 1987.
- [11] PUPPE F.: "Diagnostik-Expertensysteme", *Informatik Spektrum*, 10/1987, S. 293-308, Springer Verlag.
- [12] REINSCHKE K., UŠAKOV A.: *Zuverlässigkeitsstrukturen*, R. Oldenburg Verlag, München, Wien, 1988.
- [13] REUTER A.: "Kopplung von Datenbank- und Expertensystemen", *Informationstechnik*, 3/1987 S. 164-175, R. Oldenburg Verlag.