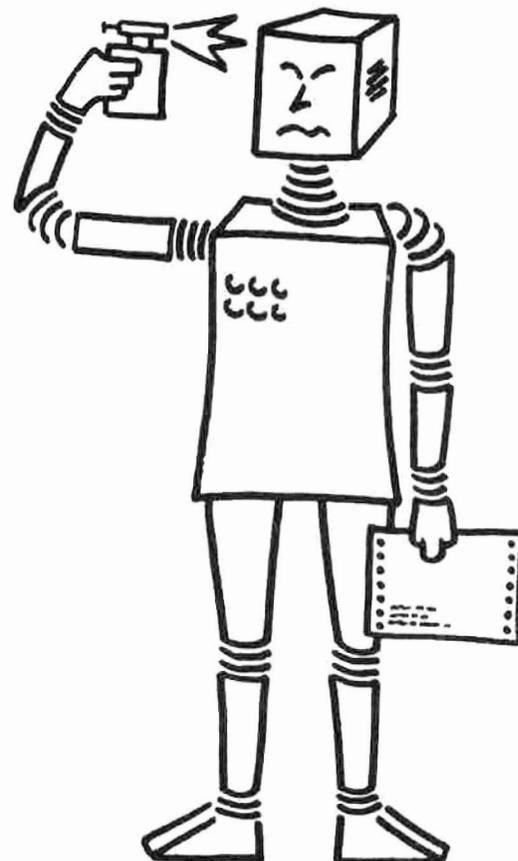


# SEKI-PROJEKT

## SEKI MEMO

Fachbereich Informatik  
Universität Kaiserslautern  
Postfach 3049  
D-6750 Kaiserslautern 1, W. Germany



MED1

Ein heuristisches Diagnosesystem  
mit effizienter Kontrollstruktur

Franziskus Gerhard Puppe

MEMO SEKI-83-04



M E D 1

Ein heuristisches Diagnosesystem  
mit effizienter Kontrollstruktur

Franziskus Gerhard Puppe  
Fachbereich Informatik  
Universität Kaiserslautern



### Zusammenfassung:

MED1 [Meta-Ebenen-Diagnosesystem] ist ein vollständig implementiertes Werkzeug zur Erstellung von insbesondere medizinischen Diagnosesystemen. Die Vorgehensweise des Systems, die der Benutzer mit der Erklärungskomponente nachvollziehen kann, orientiert sich so weit wie möglich an der eines Arztes.

Es unterscheidet sich von den übrigen Diagnosesystemen, die wie MED1 auf den Methoden der künstlichen Intelligenz zur Repräsentation von heuristischem Expertenwissen aufbauen, vor allem durch mehr Flexibilität bei der Verdachtsgenerierung, bei der Auswertung von unsicheren Daten und bei der Indikation von technischen Untersuchungen.

Die umfangreiche Knowledge-Acquisition-Komponente gestattet es dem Experten, der mit der Vorgehensweise von MED1 vertraut ist, sein Wissen dem System auch ohne Kenntnisse von LISP einzugeben.

### Abstract:

MED1 [Meta-Ebenen-Diagnosesystem or Meta-level-diagnosis-system] is a fully implemented tool for constructing diagnosis systems especially in the medical domain. It tries to simulate the way physicians diagnose and is capable of explaining every reasoning-step.

From the other diagnosis systems using the techniques of Artificial Intelligence for representation of heuristic expert knowledge MED1 differs mainly regarding more flexibility in hypothesis generation, reasoning with uncertainty and deciding the necessity of technical procedures.

The comfortable knowledge-acquisition facility enables the expert familiar with the structure of MED1 to communicate his knowledge to the system without knowing anything about LISP.



### Danksagung:

Die Voraussetzung für das Zustandekommen dieses interdisziplinären Projektes war die enge Zusammenarbeit mit meinem Bruder, dem Arzt Bernhard Puppe. Wesentlich beteiligt an der Konzeption war Dr. Buscher, der in langen Diskussionen half, die medizinischen Anforderungen an ein Diagnosesystem zu klären. Weiterhin gilt mein Dank Prof. Dr. Raulefs, der für die notwendigen Besprechungen jederzeit zur Verfügung stand.

Kaiserslautern, den 2. Mai 1983



## Inhaltsverzeichnis

1.....	Einleitung.....	1
1.1	Charakterisierung	
1.2.	Motivation	
1.3.	Kurzbeschreibung	
1.4	Aufbau der Arbeit	
2.....	Beispiel.....	3
3.....	Beschreibung.....	25
3.1.....	Überblick über die Funktionsweise .....	25
3.2.....	Genauere Beschreibung .....	28
3.2.1.....	Struktur der Regeln .....	28
3.2.2.....	Forward- und Backward-Reasoning .....	28
3.2.3.....	Prozedurkonzept .....	29
3.2.4.....	Fragestrategie .....	29
3.2.5.....	Benutzerservice .....	30
3.2.6.....	Umgang mit Unsicherheiten / Evidenzverstärkung ...	31
3.2.6.1.....	Problematik .....	31
3.2.6.2.....	MYCIN's "reasoning with uncertainty" .....	32
3.2.6.3.....	Eigenes Konzept .....	35
3.2.7.....	Indikationen für aufwendige Untersuchungen .....	37
3.2.8.....	Inhaltliche Strukturierung der Diagnoseüberprüfung	38
3.2.9.....	Schlußfolgerungen aus Diagnosen .....	39
3.2.10.....	Reihenfolge der Diagnoseüberprüfung .....	39
3.2.11.....	Terminierung .....	39
4.....	Benutzeranleitung und Erklärungsfähigkeit .....	41
4.1.....	Bedienung des Systems .....	41
4.2.....	Erläuterungen im Dialog .....	41
4.3.....	Erklärungskomponente .....	42
4.3.1.....	Automatische Erklärungen .....	42
4.3.2.....	Erläuterung der Optionen .....	42
5.....	Knowledge-Acquisition-Komponente .....	46
5.1.....	Überblick .....	46
5.1.1.....	Strategie .....	46
5.1.2.....	Steuerung .....	47
5.2.....	Datenstruktur und Eingabeformate .....	48
5.2.1.....	Übersicht .....	48
5.2.2.....	Alphas .....	51
5.2.2.1.....	Allgemeine Konventionen .....	51
5.2.2.2.....	Fragen .....	51
5.2.2.3.....	Zwischenvariablen .....	53
5.2.2.4.....	Prozeduren .....	53
5.2.2.5.....	Technische Untersuchungen .....	55
5.2.2.6.....	Diagnosen .....	56
5.2.3.....	Regeln .....	59
5.2.3.1.....	Typen von Regeln .....	59
5.2.3.2.....	Regelformat .....	60
5.2.3.3.....	Erläuterung .....	60
5.3.....	Ändern und Löschen .....	62
5.3.1.....	Ändern von Alphas .....	62



5.3.2.....	Löschen von Alphas .....	62
5.3.3.....	Ändern von Regeln .....	63
5.3.4.....	Löschen von Regeln .....	63
5.4.....	sonstige Eingabedaten .....	63
5.4.1.....	Übersichtsfragen und -regeln .....	63
5.4.2.....	Text zur Einleitung .....	63
5.4.3.....	Lexikon .....	64
5.4.4.....	Löschen der Benutzerdateien .....	64
5.5.....	Beispiel .....	65
5.6.....	Hinweise für Problembereiche .....	81
5.6.1.....	Gesamtberechnung einer Diagnose .....	81
5.6.1.1.....	Verdachtsüberprüfung .....	81
5.6.1.2.....	Verdachtsgenerierung .....	81
5.6.2.....	Zwischenvariablen .....	81
5.6.3.....	Indikation von technischen Untersuchungen .....	81
5.7.....	Ausdrucken der Daten .....	82
6.....	Dokumentation (Steuersystemzyklus) .....	83
7.....	Bewertung .....	84
7.1.....	Vergleich mit anderen Diagnosesystemen .....	84
7.1.1.....	Kontrollstruktur .....	84
7.1.2.....	Verdachtsüberprüfung von Diagnosen .....	85
7.1.3.....	Mehrfachdiagnosen .....	86
7.1.4.....	Terminierung .....	86
7.1.5.....	Schwierige Probleme .....	86
7.2.....	Zusammenfassung und weitere Arbeit .....	87
8.....	Literaturverzeichnis .....	88



## 1. Einleitung

### 1.1. Charakterisierung

MED1 [Meta-Ebenen-Diagnosesystem] ist ein Werkzeug zur Erstellung von Diagnosesystemen. Der Entwurf orientiert sich weitgehend am Vorgehen des Arztes. MED1 kann mit seiner derzeitigen Wissensbasis Diagnosen für Patienten mit dem Leitsymptom Brustschmerz stellen [Pup 83]. Ein zweites erfolgreich implementiertes Anwendungsgebiet ist die Diagnose von Motorschäden am Auto\* [Bor 83]. Es ist in INTERLISP implementiert und läuft auf einem Siemens-Computer unter dem Betriebssystem BS2000.

Es basiert auf den Programmiermethoden der künstlichen Intelligenz [Nil 80], die seit etwa 10 Jahren hauptsächlich in Amerika zur Erstellung von Diagnosesystemen angewandt werden. Die konventionellen Techniken für Diagnostik-Programme (Bayes-Theorem, mathematische Modellierung patho-physiologischer Abläufe, medizinische Datenbanken, Entscheidungstheorie) weisen schwerwiegende Nachteile auf, die vor allem in der Einseitigkeit ihrer Wissensrepräsentation begründet liegen:

1. Sie waren bisher nur in hochspezialisierten Teilgebieten der Medizin erfolgreich, wo eine uniforme Wissensrepräsentation ausreicht.
2. Sie können ihre Ergebnisse dem Benutzer nicht verständlich erklären. Eine ausführliche Diskussion findet sich in [Pup 83] und [SBF 79].

### 1.2. Motivation

Die Motivation für das MED-Projekt ist zweigeteilt:

In der Medizin geht es darum, die ungeheure Menge von Wissen zu strukturieren und besser verfügbar zu machen. Ein Diagnosesystem ist nicht nur eine Sammlung von Fakten, sondern muß auch "Meta-Wissen" über die Anwendung der Fakten enthalten. In der medizinischen Praxis sollten Diagnosesysteme insbesondere gewährleisten, daß seltenere Krankheiten nicht übersehen werden.

Das zweite Ziel besteht darin, Erkenntnisse über die Natur des Problemlösens zu gewinnen. Für die künstliche Intelligenz bedeutet das, die Techniken der Wissensrepräsentation und -manipulation zu überprüfen und verbessern. Wesentliche Fortschritte ergeben sich dabei überwiegend aus dem Verständnis und der Nachahmung der natürlichen Intelligenz [Gor 73] [KG 78]. Für den Anwendungsbereich der Medizin ist eine große Ähnlichkeit zwischen den Problemlösungsstrategien von Diagnostiksystemen und Ärzten auch deswegen notwendig, da die letzte Verantwortung immer beim Arzt liegt und er einen (niemals 100 % sicheren) Ratschlag nur dann akzeptieren kann, wenn er die Begründung versteht.

### 1.3. Kurzbeschreibung

Der Leitgedanke bei der Konzeption von MED ist, dem Experten (Arzt) einen möglichst breiten Spielraum bei der Formalisierung seines diagnostischen Wissens zu bieten.

MED1 beginnt mit einer Reihe von Übersichtsfragen zur Generierung von Verdachtsdiagnosen. Diese werden entsprechend der Stärke ihres Verdachtes geordnet und gezielt untersucht, bis eine Diagnose gesichert ist oder einen großen Vorsprung hat. Ein wesentliches Merkmal von MED1 ist die Trennung zwischen Verdachtsgenerierung und -überprüfung, die sich in zwei verschiedenen Bewertungen für eine Diagnose ausdrückt. Die Regeln



zur Verdachtsgenerierung haben ausschließlich Kontrollfunktion, ihr Sinn besteht in der Aktivierung der Diagnose, die dann mit den Regeln zur Verdachtsüberprüfung gründlich untersucht wird.

Eine Regel beschreibt eine Korrelation zwischen Symptomen und Pathokzepten (pathophysiologischen Zuständen oder Diagnosen) bzw. Pathokzepten untereinander. Die Stärke und das Vorzeichen der Korrelation bewertet der Experte mit einer Punktzahl. Für die Verrechnung mehrerer solcher Punktzahlen (Evidenzverstärkung oder -abschwächung) wird keine fest vorgegebene mathematische Formel benutzt, sondern der Experte bestimmt für jedes Patho-Konzept individuell die Zuordnung von der Punktzahl ihrer Regeln zu Wahrscheinlichkeitskategorien. Die Bedeutung eines Symptoms für ein Pathokzept kann also sowohl lokal durch die Änderung der Punktzahl einer Regel als auch global durch Änderung des Zuordnungsschemas eingestellt werden.

Da für ein Patho-Konzept sehr viele, zum Teil nur durch technische Untersuchungen festzustellende Symptome relevant sind, wird ein einmal aktiviertes Patho-Konzept nicht in toto untersucht, sondern nach jeder 'Prozedur' (deren Umfang der Experte festlegt) geprüft, ob es an Plausibilität verloren hat oder ob neue Verdachtsmomente für ein anderes Patho-Konzept gefunden wurden. Die Indikation für technische Untersuchungen wird mit einem zusätzlichen Mechanismus gestellt, der Aufwand und Risiko gegen den Nutzen abwägt.

Während einer Sitzung kann der Benutzer sich jederzeit die Vorgehensweise des Systems erklären lassen.

Die Knowledge-Acquisition-Komponente gestattet es dem Experten, sein Wissen dem System direkt einzugeben.

#### 1.4.

#### Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 enthält ein kommentiertes Beispiel eines Dialoges mit MED1, auf das ich mich in den beiden folgenden Kapiteln beziehe. In Kapitel 3 wird die Funktionsweise und im 4. Kapitel die Bedienung des Systems und die Benutzung der Erklärungskomponente beschrieben.

In Kapitel 5 wird detailliert erläutert und durch ein Beispiel illustriert, wie der Experte sein Fachwissen dem System eingibt. Dabei wird auch die Datenstruktur von MED1 vollständig beschrieben.

Die Dokumentation des LISP-Programmes ist als Anlage erhältlich. In Kapitel 6 skizziere ich nur den Steuersystemzyklus.

Im letzten Kapitel vergleiche ich MED1 mit bekannten anderen Systemen (MYCIN, INTERNIST, CASNET, PIP) und diskutiere die wichtigsten Problem-bereiche. Daraus ergeben sich die wesentlichen Anforderungen für die Weiterentwicklung.



2. Beispiel einer Sitzung

In diesem Beispiel ist nicht nur das Endergebnis und dessen Begründung interessant, sondern auch der Weg dahin, d.h. die Reihenfolge und Anzahl der Fragen und technischen Untersuchungen, die durch die jeweils aktive Verdachtsdiagnose gesteuert werden.  
 (IN) = Eingabe des Benutzers  
 (OUT) = Antwort des Systems

Diagnostische Aufgabe:  
 Es handelt sich um einen 51-jährigen Mann mit plötzlich aufgetretenen, intensiven, retrosternalen (hinter dem Brustbein gelegenen) Schmerzen.

```

(IN) (start)
(OUT) DIESES MEDIZINISCHE EXPERTENSYSTEM STELLT DIAGNOSEN FUER PATIENTEN MIT DEM
(OUT) LEITSYMPTOM BRUSTSCHMERZ.
(OUT) WELCHE DATEI MOECHTEN SIE LADEN?
(OUT) 0 = KEINE
(OUT) 1 XXX
(OUT)
(IN) 0
(OUT) DER DIALOG BEGINNT MIT CA. 15 UEBERSICHTSFRAGEN ZUR VERDACHTSGENERIERUNG.
(OUT) NAME:
(OUT)
(OUT) abc
(IN) F40 = ALTER
(OUT) WIE ALT SIND SIE?
(OUT) ?
(OUT)
(IN) h
(OUT)
(OUT) SIE HABEN FOLGENDE MOEGlichkeiten:
(OUT)
(OUT) EINGABE EINER ZAHL ALS ANTWORT.
(OUT) V = VERBESSERUNG EINER FRUEHEREN ANTWORT
(OUT) - = ANTWORT UNBEKANNT
(OUT) E = ERKLAERUNG ZUR FRAGE
(OUT) S = EINSCHALTEN DER SCHNELLEN FRAGETECHNIK
(OUT) L = AUSSCHALTEN DES LISTINGS VON DIAGNOSEN
(OUT) K = ABSCHALTEN DES KOMMENTARS VON FACHAUSDRUECKEN
(OUT) A = AUSFUERHLICHE ANTWORTALTERNATIVEN
(OUT) F = WIEDERHOLUNG DER FRAGE
(OUT) H = HELP
(OUT) W = WARUM-OPTION: HIER KOENNEN SIE FRAGEN UEBER DEN ZUSTAND DES SYSTEMS STELLEN
(OUT) ZUR ERLAEUETERUNG NICHT KOMMENTIERTER FACHAUSDRUECKE DIE ERSTEN BUCHSTABEN
(OUT) (MINDESTENS 2) EINGEBEN
(OUT) STOP = VORZEITIGER ABRUCH
(OUT) ?
(OUT)
(IN) 51
(OUT)
  
```



(OUT) F41 = GESCHLECHT?  
(OOUT) 1 = MAENNLICH  
(OOUT) 2 = WEIBLICH  
(OOUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OOUT) ?  
(OOUT) 1  
(IN) (OUT)  
(OOUT) F130 = PRIMAEERE-ASPEKTDIAGNOSTIK  
(OOUT) HABEN SIE BEIM ERSTEN ANBLICK DES PATIENTEN EINEN AUFFAELLIGEN BEFUND  
(OOUT) WAHRGENOMMEN?  
(OOUT) 1 = GUTER-ALLGEMEINZUSTAND  
(OOUT) 2 = REDUZIRTER-ALLGEMEINZUSTAND  
(OOUT) 3 = SEHR-SCHLECHTER-ALLGEMEINZUSTAND  
(OOUT) 4 = UNMITTELBAR-LEBENSBEDROHLICHE-GESAMTSITUATION  
(OOUT) 5 = BEWUSSTSEINSTOERUNG  
(OOUT) 6 = ZENTRALE-ZYANOSE  
(OOUT) 7 = DYSPTNOE  
(OOUT) 8 = IKTERUS  
(OOUT) 9 = BLAESSE  
(OOUT) 10 = GESTAUTE-JUGULARVENEN-PERMANENT-BEI-AUFRECHTEM-OBERKOEERPER  
(OOUT) 11 = SCHMERZGEPRAEGETES-GESICHT  
(OOUT) 12 = AENGSTLICH-UNRUHIGES-VERHALTEN  
(OOUT) 13 = PROFUS-KALTSCHWEISSIGE-HAUT  
(OOUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OOUT) ?  
dy  
(OOUT) DYSPTNOE: LUFTNOT  
(OOUT) ?  
(OOUT) 2 11  
(OOUT) BEZUG DER FRAGE: PRIMAEERE-ASPEKTDIAGNOSTIK = REDUZIRTER-ALLGEMEINZUSTAND  
(OOUT) F206 = AZ-AKUITAET  
(OOUT) IST DIE STOEERUNG DES ALLGEMEINZUSTANDES ALT ODER NEU AUFGETRETEN?  
(OOUT) 1 = ALT,CHRONISCH  
(OOUT) 2 = SUBAKUTE-VERSCHLECHTERUNG  
(OOUT) 3 = AKUT  
(OOUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OOUT) ?  
(OOUT) 3  
(OOUT) F150 = AKUTE-KREISLAUF-SYMPHOME  
(OOUT) WELCHE DER FOLGENDEN SYMPHOME SIND AKUT AUFGETRETEN?  
(OOUT) 1 = ALLGEMEINE-LEISTUNGSMINDERUNG  
(OOUT) 2 = AKROZYANOSE  
(OOUT) 3 = VERLANGSAMTE-KAPILLARE-FUELLUNG  
(OOUT) 4 = BLASSE-FAHLE-HAUT  
(OOUT) 5 = STARKER-DURST  
(OOUT) 6 = NACH-BRUSTSCHMERZ:ERBRECHEN  
(OOUT)

2

3



(OUT) 7 = RECHTER-OBERBAUCHDRUCKSCHMERZ  
 (OUT) 8 = KALTE-EXTREMITAETEN  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT)  
 (IN)  
 (OUT) 0  
 (OUT)  
 (OUT) F148 = CHRONISCHE-KREISLAUF-SYMPHOME  
 (OUT) WELCHE DER FOLGENDEN SYMPHOME BESTEHEN CHRONISCH?  
 (OUT) 1 = ALLGEMEINE-LEISTUNGSMINDERUNG  
 (OUT) 2 = NYKTURIE (NAECHTLICHES WASSERLASSEN)  
 (OUT) 3 = AKROZYANOSE  
 (OUT) 4 = VERLANGSAMTE-KAPILLARE-FUELLUNG  
 (OUT) 5 = GASTRIITIS,METEORISMUS,FLATULENZ  
 (OUT) 6 = VERGROESSERTE-WEICHE-LEBER  
 (OUT) 7 = SYMETRISCHE-ABHAENGIGE-OEDEME  
 (OUT) 8 = ASZITES  
 (OUT) 9 = KALTE-EXTREMITAETEN  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT)  
 (OUT) 0  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT) F56 = INFARKTPHYSIOGNOMIE  
 (OUT) BIETET DER PATIENT OPTISCH DAS BILD DER INFARKTPHYSIOGNOMIE?  
 (OUT) 1 = NEIN  
 (OUT) 2 = ERHEBLICH-BEEINTRAECHTIGTER-GESAMTASPEKT  
 (OUT) 3 = INNERE-DRAMAIK.-SCHMERZGEPRAEIGER-GESICHTSAUSDRUCK  
 (OUT) 4 = ZUSAMMENGEKNIFFENE-ODER-GESCHLOSSENE-AUGENLIDER  
 (OUT) 5 = QUERFALTEN-AUF-DER-STIRN  
 (OUT) 6 = VERKRAMPFT-HALBGEOFFNETER-MUND  
 (OUT) 7 = AUFGEBLAEHTE-NASENFLUEGEL  
 (OUT) 8 = GESPANNTE-MUNDPARTIE  
 (OUT) 9 = AUSGEPRAEAGTE-GESICHTSBLAESSE  
 (OUT) 10 = LEICHTE-BENOMMENHEIT  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT)  
 (OUT) 3 4  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT) F1 = SCHMERZVERLAUFSTYP  
 (OUT) WELCHEM VERLAUFSTYP ENTSPRECHEN IHRE SCHMERZEN AM EHESTEN?  
 (OUT) 1 = AKUT-ERSTMALIG  
 (OUT) 2 = AKUT-REZIDIVIEREND. (WIEDERKEHREND)  
 (OUT) 3 = CHRONISCH-UND-CHRONISCH-REZIDIVIEREND  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT)  
 (OUT) 2  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT) 4  
 (OUT) BEZUG DER FRAGE: SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.  
 (OUT) F2 = SCHMERZENTWICKLUNGSGESCHWINDIGKEIT  
 (OUT) WIE SCHNELL HABEN DIE SCHMERZEN IHREN HOEHEPUNKT ERREICHT?  
 (OUT) 1 = IN- WENIGEN- SEKUNDEN



(OUT) 2 = 20-SEC.-BIS-3-MIN  
(OUT) 3 = 5-MIN.-BIS-1-STUNDE  
(OUT) 4 = MEHRERE-STUNDEN  
(OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OUT) ?  
(OUT) 2  
(IN)

(OUT) 2  
(OUT) F3 = SCHMERZDAUER  
(OUT) WIE LANGE HIELT (BEI FORTBESTEHEN HAELT) DER LETZTE SCHMERZZUSTAND AN?  
(OUT) 1 = 0-BIS-10-SEK  
(OUT) 2 = 10SEK.-BIS-20-MIN  
(OUT) 3 = 20-MIN.-BIS-3-STUNDEN  
(OUT) 4 = 3-STUNDEN.-BIS-6-STUNDEN  
(OUT) 5 = 6-BIS-24-STUNDEN  
(OUT) 6 = LAENGER-ALS-EIN-TAG  
(OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OUT) ?  
(OUT) 2  
(IN)

(OUT) 2  
(OUT) F6 = SCHMERZKATEGORIE  
(OUT) \* IN WELCHE KATEGORIE FAEHLT IHR SCHMERZ  
(OUT) 1 = BRUSTWANDSCHMERZ  
(OUT) 2 = BRUSTKORB-TIEFENSCHMERZ  
(OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OUT) ?  
(OUT) 2  
(IN)

(OUT) 2  
(IN) e  
(OUT) DER BRUSTWANDSCHMERZ GEHT VON DER PLEURA (RIPPENFELL) AUS, UND WIRD ALS GENAU  
(OUT) LOKALISIERBARER, OBERFLAECHLICHER (DAS HEISST, VON DER BRUSTWAND AUSGEHEND)  
(OUT) SCHMERZ EMPFUNDEN.  
(OUT) DER NICHT SO GENAU LOKALISIERBARE BRUSTKORB-TIEFENSCHMERZ WIRD ALS VOM  
(OUT) INNEREN DES BRUSTKORBES AUSGEHEND UND ALS DIFFUS EMPFUNDEN (DOLOR TRANSLATUS)  
(OUT) (NACH JANZEN: SCHMERZANALYSE)  
(OUT) ?  
(OUT) 2  
(IN)

(OUT) 2  
(OUT) F7 = SCHMERZLOKALISATION  
(OUT) W0 EMPFINDEN SIE DEN SCHMERZ?  
(OUT) 1 = RECHTSTHORAKAL (RECHTE BRUSTSEITE)  
(OUT) 2 = LINKSTHORAKAL  
(OUT) 3 = RECHTE-SCHULTER  
(OUT) 4 = LINKE-SCHULTER  
(OUT) 5 = RETROSTERNAL (HINTER DEM BRUSTBEIN)  
(OUT) 6 = PRAEKORDIAL (UEBER DEM HERZEN)  
(OUT) 7 = EPIGASTRISCH (IM OBERBAUCH)  
(OUT) 8 = UEBER-DER-HERZSPITZE  
(OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
(OUT) ?  
(OUT) 5  
(IN)







(OUT) R100 7 ADD P6A = PERICARDITIS-SICCA-A+ (F12 NON W1) (F3 W5) (F7 W5)  
 (OUT) R101 7 ADD P6A = PERICARDITIS-SICCA-A+ (F12 NON W1) (F3 W5) (F7 W6)  
 (OUT) R150 20 ADD P9A = ANEURYSMA-DISSECANS.A (F1 W1) (F2 W1) (F12 W1)  
 (OUT) R154 -7 ADD P9A = ANEURYSMA-DISSECANS.A (F12 NON W1)  
 (OUT) R234 -7 ADD P16A = HERZINFARKT-A+ (F1 W1) (F2 W1) (F12 NON W2)  
 (OUT) R316 100 SPEC D9 = ANEURYSMA-DISSECANS (F3 W5) (F7 W5) (F12 NON W1)  
 (OUT) R350 50 SPEC D6 = PERICARDITIS-SICCA (F3 W6) (F7 W6) (F12 NON W1)  
 (OUT) R352 50 SPEC D6 = PERICARDITIS-SICCA (F3 W6) (F7 W6) (F12 NON W1)  
 (OUT) R353 50 SPEC D6 = PERICARDITIS-SICCA (F3 W5) (F7 W6) (F12 NON W1)  
 (OUT) R351 50 SPEC D6 = PERICARDITIS-SICCA (F3 W5) (F7 W6) (F12 NON W1)  
 (OUT) R221 10 ADD P16A = HERZINFARKT-A+ (F12 W1) (Z19 2 &)

9

e F12 = SCHMERZINTENSITAET  
 WIE INTENSIV IST (WAR) DER SCHMERZ?  
 1 = MAXIMAL (VERNICHTEND)  
 2 = STARK  
 3 = ERTRAEGLICH  
 4 = SCHWACH  
 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 ?  
 1

F14 = SCHMERZAUSLOESUNG  
 UNTER WELCHEN UMSTAENDEN TRAT DER SCHMERZ AUF?  
 1 = AUS-SCHLAF-AUFGEWECKT  
 2 = KOERPERLICHE-ANSTRENGUNG  
 3 = HUSTEN-STUHLGANG-ODER-AEHNLICHE-PRESSMANOEVER  
 4 = SUBCLAVIA-PUNKTION (VENENPUNKTION IM VORDEREN SCHULTERBEREICH)  
 5 = TAGELANGE-BETTLAEGERIGKEIT  
 6 = \* NACH-GROESSERER-OPERATION\*  
 7 = IM-VOECHENBETT  
 8 = 1-4-WOCHEN-POSTPARTAL (NACH EINER GEBURT)  
 9 = \* PLOETZLICHE-AKTIVITAETS-AENDERUNG  
 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 ?

10

a 6 = INNERHALB EINER WOCHE NACH EINER THROMBOSE  
 RISIKO - BEHAFTETEN OPERATION  
 9 = Z.B. AUFSTEHEN VON BETT ODER STUHL  
 ?  
 2 F15 = SCHMERZVERSTAERKUNG  
 WODURCH WERDEN IHRE SCHMERZEN AUSGELOEST ODER VERSTAERKT?  
 1 = REGELMAESSIG-DURCH-KOERPERLICH-ANSTRENGUNG



- (OUT) 2 = GELEGENTLICH-DURCH-KOERPERLICHE-ANSTRENGUNG  
 (OUT) 3 = DURCH-BUECKEN,PRESSEN,BEIM-STUHLGANG-ODER-GROSSE-MAHLZEITEN  
 (OUT) 4 = SEELISCHE-AUFREGUNG  
 (OUT) 5 = HOCHPROZENTIGER-ALKOHOL,HEISSE-GETRAENKE-ODER-FRUCHTSAEFTEN  
 (OUT) 6 = FORCIERTES-EINATMEN (SCHNELL UND TIEF)  
 (OUT) 7 = LAENGERES-LIEGEN  
 (OUT) 8 = SOFORT-NACH-HINLEGEN  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?
- (IN) 2
- (OUT) F16 = SCHMERZABSCHWAECHUNG  
 (OUT) WAS SCHWAECHT IHRE SCHMERZEN AB  
 (OUT) 1 = KOERPERLICHE-RUHE  
 (OUT) 2 = FRUEHER-KOERPERLICHE-RUHE,JETZT-NICHT  
 (OUT) 3 = KOERPERLICHE-ANSTRENGUNG  
 (OUT) 4 = ATEM-ANHALTEN (SCHMERZ IST ATEMSYNCHRON)  
 (OUT) 5 = AUFSETZTEN-ODER-AUFSTEHEN  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?
- (IN) 2
- (OUT) F26 = SCHMERZBEGLEITSYMPTOME  
 (OUT) WELCHE KRANKHEITSSYMPTOME SIND SCHMERZBEGLEITEND AUFGETRETEN?  
 (OUT) 1 = DYSPNOE  
 (OUT) 2 = EXANTHEM-IM-SCHMERZAREAL  
 (OUT) 3 = DYSPHAGIE  
 (OUT) 4 = HUSTENREIZ  
 (OUT) 5 = BLUTIGES-SPUTUM/AUSWURF  
 (OUT) 6 = ERBRECHEN  
 (OUT) 7 = ANHALTENDE-HEISERKEIT  
 (OUT) 8 = STRIDOR  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?
- (IN) 0
- (OUT) F136 = PULSPALPATIONSBEFUND  
 (OUT) WELCHEN BEFUND HABEN SIE BEI DER PULSPALPATION ERHOEBEN?  
 (OUT) 1 = \* O-B.  
 (OUT) 2 = ARRHYTHMIE  
 (OUT) 3 = SCHWACHE-PERIPHERE-PULSE  
 (OUT) 4 = NICHT-PALPABLE-PERIPHERE-PULSE  
 (OUT) 5 = \* SEITENDIFFERENZ  
 (OUT) 6 = PULSUS-CELER,ET-ALTUS  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?
- (IN) 1
- (OUT) F140 = PULSFREQUENZ  
 (OUT) WIE HOCH IST DIE PULSFREQUENZ IN RUHE? (OUT)



(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)

12

?  
110  
F142 = SYSTOLISCHER-BLUTDRUCK  
WIE HOCH IST DER SYSTOLISCHE BLUTDRUCK?  
?  
120  
F144 = DIASTOLISCHER-BLUTDRUCK  
WIE HOCH IST DER DIASTOLISCHE BLUTDRUCK?  
?  
80

NACH AUSWERTUNG DER STEUERSYSTEMFRAGEN ERGEBEN SICH FOLGENDE PRIORITAETEN:

3. KLASSE:  
D16 = HERZINFARKT  
D15 = ANGINA-PECTORIS  
D13 = REFLUXKRANKHEIT  
D16 = HERZINFARKT  
7. KLASSE:  
NEXT:  
F8 = SCHMERZWANDERUNGS-AUSSTRAHLUNG  
\* STRAHLT DER SCHMERZ AUS BZW. AENDERT SICH SEINE LOKALISATION?  
1 = AUSSTRAHLUNG-NACH-LINKS (BRUST, SCHULTER, HALS, UNTERKIEFER, ARM, HAND)  
2 = AUSSTRAHLUNG-NACH-RECHTS  
3 = AUSSTRAHLUNG-IN-OBERBAUCH  
4 = WAEREND-EINER-SCHMERZEPISODE-WECHSELNDE-AUSSTRAHLUNG  
5 = INNERHALB-VERSCHIEDENER-SCHMERZEPISODEN-WECHSELNDE-AUSSTRAHLUNG  
6 = WANDERUNG-DER-SCHMERZZONE  
0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
?

13

(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(OUT)

w d16.v  
D16 = HERZINFARKT  
ES GIBT FOLGENDE VERDACHTSMOMENTE FUER HERZINFARKT (D16):  
20 F1 W2 SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.  
20 F2 W2 SCHMERZENTWICKLUNGSGESCHWINDIGKEIT = 20-SEC-BIS-3-MIN  
180 F12 W1 SCHMERZINTENSITAET = MAXIMAL  
50 F14 W2 SCHMERZAUSLOESUNG = KOERPERLICHE-ANSTRENGUNG  
180 F16 W2 SCHMERZABSCHWAECHUNG = FRUEHER-KOERPERLICHE-RUHE-JETZT-NICHT  
20 R323 F7 W5 SCHMERZLOKALISATION = RETROSTERNAL  
20 R331 F11 W3 SCHMERZQUALITAET = BEENGEND  
d15.v  
D15 = ANGINA-PECTORIS  
ES GIBT FOLGENDE VERDACHTSMOMENTE FUER ANGINA-PECTORIS (D15):  
80 F1 W2 SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.  
80 F2 W2 SCHMERZENTWICKLUNGSGESCHWINDIGKEIT = 20-SEC-BIS-3-MIN  
80 F3 W2 SCHMERZDAUER = 10SEK-BIS-20-MIN  
80 F11 W3 SCHMERZQUALITAET = BEENGEND  
200 F15 W2 SCHMERZVERSTAERKUNG = GELEGENTLICH-DURCH-KOERPERLICHE-ANSTRENGUNG  
80 R322 F7 W5 SCHMERZLOKALISATION = RETROSTERNAL



(IN) d13.v = REFLUXKRANKHEIT  
 (OUT) D13 = REFLUXKRANKHEIT  
 (OUT) ES GIBT FOLGENDE VERDACHTSMOMENTE FUER REFLUXKRANKHEIT (D13):  
 (OUT) 40 SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT.REZIDIVIEREND.  
 (OUT) 40 SCHMERZENTWICKLUNGSGESCHWINDIGKEIT = 20.SEC.BIS.3.MIN  
 (OUT) 40 SCHMERZDAUER = 10SEK.BIS.20.MIN  
 (OUT) 40 SCHMERZLOKALISATION = RETROSTERNAL

(IN) e  
 (OUT) F8 = SCHMERZVANDERUNGS-AUSSTRAHLUNG  
 (OUT) \* STRAHLT DER SCHMERZ AUS BZW. AENDERT SICH SEINE LOKALISATION?  
 (OUT) 1 = AUSSTRAHLUNG-NACH-LINKS (BRUST, SCHULTER, HALS, UNTERKIEFER, ARM, HAND)  
 (OUT) 2 = AUSSTRAHLUNG-NACH-RECHTS  
 (OUT) 3 = AUSSTRAHLUNG-IN- OBERBAUCH  
 (OUT) 4 = WAEREND-EINER-SCHMERZEPISEDE.WECHSELNDE-AUSSTRAHLUNG  
 (OUT) 5 = INNERHALB-VERSCHIEDENER-SCHMERZEPISEDEN.WECHSELNDE-AUSSTRAHLUNG  
 (OUT) 6 = WANDERUNG-DEr-SCHMERZZONE  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?

(IN) 1  
 (OUT) F13 = MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT  
 (OUT) BESSERT SICH IHR SCHMERZ DURCH MEDIKAMENTE?  
 (OUT) 1 = PROMPT-DURCH-NITROPREPARATE  
 (OUT) 2 = JETZT-UNWESENTLICH,-FRUEHER-WIE-1  
 (OUT) 3 = ANTAZIDA (MITTEL ZUR NEUTRALISATION DER MAGENSAEURE)  
 (OUT) 4 = PLACEBOS  
 (OUT) 5 = BISHER-KEINE-NITROAPPLIKATION  
 (OUT) 6 = BISHER-KEINE-ANTAZIDAAPPLIKATION  
 (OUT) 7 = BISHER-KEINE-PLACEBOAPPLIKATION  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?

14

w 1

DIE FRAGE DIENT DER UEBERPRUEFUNG DER DIAGNOSE HERZINFARKT (D16)  
 PROZEDUR: HERZINFARKT-A+ (P16A)

AKTIVE REGEL:

-15 R246 F13 W1 MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT = PROMPT-DURCH-NITROPREPARATE  
 ODER F13 W3 MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT = ANTAZIDA  
 ODER F13 W4 MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT = PLACEBOS  
 FRAGE: MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT (F13)

(IN) e  
 (OUT) F13 = MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT  
 (OUT) BESSERT SICH IHR SCHMERZ DURCH MEDIKAMENTE?  
 (OUT) 1 = PROMPT-DURCH-NITROPREPARATE  
 (OUT) 2 = JETZT-UNWESENTLICH,-FRUEHER-WIE-1  
 (OUT) 3 = ANTAZIDA (MITTEL ZUR NEUTRALISATION DER MAGENSAEURE)  
 (OUT) 4 = PLACEBOS  
 (OUT) 5 = BISHER-KEINE-NITROAPPLIKATION  
 (OUT) 6 = BISHER-KEINE-ANTAZIDAAPPLIKATION



(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)

7 = BISHER-KEINE-PLACEBOAPPLIKATION  
0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
?

5 6 7

BEZUG DER FRAGE: SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.  
F4 = REZIDIVSCHMERZ-INTENSITAETS-AENDERUNG  
HAT SICH DIE INTENSITAET IHRER REZIDIVIERENDEN SCHMERZEN VERAENDERT?  
1 = NEIN  
2 = BISHER-KONSTANT,ABER-LETZTES-REZIDIV-WESENTLICH-SCHLIMMER  
3 = LANGSAME-ZUNAHME  
4 = LANGSAMER-ABNEHMEN  
5 = UNREGELMAESSIG-SCHWANKEND  
0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
?

w 1

DIE FRAGE DIEN T UEBERPRUEFUNG DER DIAGNOSE HERZINFARKT (D16)  
PROZEDUR: HERZINFARKT-A+ (P16A)

AKTIVE REGEL(N):

10 Z19 = 2 ANG-PEC-GRAVIS-INDIKATOR = WARNEND  
15 Z19 = 3 ANG-PEC-GRAVIS-INDIKATOR = ALARM  
30 Z19 = 4 ANG-PEC-GRAVIS-INDIKATOR = HOECHSTE-ALARMSTUFE

ZWISCHENVARIABLE: ANG-PEC-GRAVIS-INDIKATOR (Z19)

AKTIVE REGEL(N):

1 Z18 = 0 ANG-PEC-GRAVIS-ZAEHLER = 0  
2 Z18 = 1 ANG-PEC-GRAVIS-ZAEHLER = 1  
3 Z18 2 3 ANG-PEC-GRAVIS-ZAEHLER VON 2 BIS 3  
4 Z18 4 8 ANG-PEC-GRAVIS-ZAEHLER VON 4 BIS 8

ZWISCHENVARIABLE: ANG-PEC-GRAVIS-ZAEHLER (Z18)

AKTIVE REGEL(N):

1 F4 = 2 REZIDIVSCHMERZ-INTENSITAETS-AENDERUNG =  
BISHER-KONSTANT,ABER-LETZTES-REZIDIV-WESENTLICH-SCHLIMMER  
FRAGE: REZIDIVSCHMERZ-INTENSITAETS-AENDERUNG (F4)

z18.r

Z18 = ANG-PEC-GRAVIS-ZAEHLER

NUMERISCH: TRUE

1 F4 = 2 REZIDIVSCHMERZ-INTENSITAETS-AENDERUNG =

3 F16 W2 SCHMERZABSCHWAECHEUNG = FRUEHER-KOERPERLICHE-RUHE,JETZT-NICHT  
3 F13 W2 MEDIKAMENTOESE-BEEINFLUSSBARKEIT = JETZT.UNWESENTLICH,.FRUEHER.WIE.1  
1 F5 W3 REZIDIVPERIODENDAUER = FRUEHER-10.SEK-BIS-20.MIN,LETZTER-SCHMERZ-WESEI

e

BEZUG DER FRAGE: SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.

F4 = REZIDIVSCHMERZ-INTENSITAETS-AENDERUNG

HAT SICH DIE INTENSITAET IHRER REZIDIVIERENDEN SCHMERZEN VERAENDERT?

1 = NEIN

2 = BISHER-KONSTANT,ABER-LETZTES-REZIDIV-WESENTLICH-SCHLIMMER

3 = LANGSAME-ZUNAHME



(OUT) 4 = LANGSAMES-ABNEHMEN  
 (OUT) 5 = UNREGELMAESSIG-SCHWANKEND  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT) 2  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT)  
 (OUT) BEZUG DER FRAGE: SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.  
 (OUT) F5 = REZIDIVPERIODENDAUER  
 (OUT) WIE LANGE DAUERN DIE REZIDIVIERENDEN SCHMERZPERIODEN GEWOEHNLICH?  
 (OUT) 1 = 0-BIS-10-SEK  
 (OUT) 2 = 10-SEK-BIS-20-MIN  
 (OUT) 3 = FRUEHER-10-SEK-BIS-20-MIN-LETZTER-SCHMERZ-WESENTLICH-LAENGER  
 (OUT) 4 = 20-MIN-BIS-6-STUNDEN  
 (OUT) 5 = LAENGER-ALS-6-STUNDEN  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT) 2  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT) F48 = CHRONISCHE-ERKRANKUNGEN  
 (OUT) LEIDEN SIE ZUR ZEIT AN EINER DER FOLGENDEN CHRONISCHEN ERKRANKUNGEN?  
 (OUT) 1 = ANGINA-PECTORIS  
 (OUT) 2 = BRONCHITISCHES-SYNDROM  
 (OUT) 3 = HERZINSUFFIZIENZ  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT) 0  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT) NEXT: D16 = HERZINFARKT  
 (OUT) NEXT: D16 = HERZINFARKT  
 (OUT) NEXT: T17 = NITRO-EX-IUVANTIBUS  
 (OUT) ZUR KLAERUNG FOLGENDER DIAGNOSEN:  
 (OUT) HERZINFARKT  
 (OUT) SOLLTE DIE TECHNISCHE UNTERSUCHUNG: NITRO-EX-IUVANTIBUS  
 (OUT) DURCHGEFUEHRT WERDEN.  
 (OUT) FT17 = AUSWERTUNG-NITRO-EX-IUVANTIBUS  
 (OUT) \* SOLL SIE AUF WEITERE DIAGNOSEN AUSGEWERTET WERDEN?  
 (OUT) 1 = UNTERSUCHUNG-NICHT-DURCHFUEHRBAR  
 (OUT) 2 = ANGINA-PECTORIS  
 (OUT) 3 = HERZINFARKT  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT) W d16-b  
 (IN)  
 (OUT)  
 (OUT) D16 = HERZINFARKT  
 (OUT) BEGRUENDUNG VON D16 = HERZINFARKT  
 (OUT) 55 PUNKTE = WAHRSCHENLICH  
 (OUT) 4 F8 W1  
 (OUT) 4 F11 W3  
 (OUT) (OUT) -7 R231 F3 NON W3  
 (OUT) (OUT) F3 NON W4  
 (OUT) (OUT) SCHMERZWANDERUNGS- AUSSTRAHLUNG = AUSSTRAHLUNG-MACH-LINKS  
 (OUT) (OUT) SCHMERZQUALITAET = BEENGEND  
 (OUT) (OUT) SCHMERZDAUER UNGLEICH 20-MIN-BIS-3-STUNDEN  
 (OUT) (OUT) SCHMERZDAUER UNGLEICH 3-STUNDEN-BIS-6-STUNDEN

17

18

19











(OUT) AKTIVE REGEL(N): Z20 = 1 KORONARSKLEROSE-RISIKO = KEIN-RISIKO  
 (OUT) -20 ZWISCHENVARIABLE: KORONARSKLEROSE-RISIKO (Z20)  
 (OUT) AKTIVE REGEL(N):  
 (OUT) 1 Z4 = 0 RISIKOFAKTORENZAEHLER = 0  
 (OUT) 2 Z4 = 1 RISIKOFAKTORENZAEHLER = 1  
 (OUT) 3 Z4 2 3 RISIKOFAKTORENZAEHLER VON 2 BIS 3  
 (OUT) 4 Z4 4 5 RISIKOFAKTORENZAEHLER VON 4 BIS 5  
 (OUT) ZWISCHENVARIABLE: RISIKOFAKTORENZAEHLER (Z4)  
 (OUT) AKTIVE REGEL(N):  
 (OUT) 1 F49 W1 ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN = ZIGARETTENRAUCHEN  
 (OUT) 1 F49 W2 ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN = HYPERTONIE  
 (OUT) 1 F49 W3 ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN = DIABETES  
 (OUT) 1 F49 W4 ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN = ERHEBLICHES-UEBERGEWICHT  
 (OUT) 1 F49 W5 ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN = BEWEGUNGSMANGEL  
 (OUT) FRAGE:  
 (OUT) (OUT) ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN (F49)  
 (OUT) (OUT)  
 (OUT) (OUT)  
 (IN) e  
 (OUT) F49 = ARTERIOSKLEROSERISIKOFAKTOREN  
 (OUT) GEFAEHRDEN SIE IHRE GESUNDHEIT DURCH FOLGENDE RISIKOFAKTOREN?  
 (OUT) 1 = \* ZIGARETTENRAUCHEN  
 (OUT) 2 = HYPERTONIE (BLUTHOCHDRUCK)  
 (OUT) 3 = DIABETES (ZUCKERKRANKHEIT)  
 (OUT) 4 = \* ERHEBLICHES-UEBERGEWICHT  
 (OUT) 5 = \* BEWEGUNGSMANGEL  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) (OUT)  
 (OUT) (OUT)  
 (IN) a  
 (OUT) 1 = RAUCHEN SEIT UEBER ZWEI JAHREN, IM DURCHSCHNITT MEHR ALS 10 ZIGARETTEN  
 (OUT) PRO TAG.  
 (OUT) 4 = MEHR ALS 20 PROZENT UEBER NORMALGEWICHT  
 (OUT) 5 = NICHT REGELMAESSIGES AUSUEBEN EINER BEWEGUNGSSPORTART  
 (OUT) ?  
 (OUT) 1 4 5  
 (IN) (IN)  
 (OUT) NEXT: D15 = ANGINA-PECTORIS  
 (OUT) NEXT: D15 = ANGINA-PECTORIS  
 (OUT) F304 = RUHE-EKG-AUF-ANGINA-PECTORIS  
 (OUT) BEURTEILEN SIE DAS RUHE-EKG IM HINBLICK AUF ANGINA PECTORIS!  
 (OUT) 1 = STARKER-HINWEIS  
 (OUT) 2 = SCHWACHER-HINWEIS  
 (OUT) 3 = NEUTRAL  
 (OUT) 0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
 (OUT) ?  
 (OUT) (OUT)  
 (IN) w 7  
 (OUT) (OUT)  
 (OUT) DERZEITIGE ORDNUNG DER DIAGNOSEN:  
 (OUT) HOECHSTWAHRSCHEINLICH: D15 = ANGINA-PECTORIS  
 (OUT) NEUTRAL: D16 = HERZINFARKT















0 = NEIN / KEINE DER BISHERIGEN ALTERNATIVEN  
?

2

30

\*\*\*\*\*

ERGEBNISSE:

\*\*\*\*\*

1. UEBERSICHT UEBER ENDDIAGNOSEN:  
HOECHSTWAHRSCHEINLICH: D15 = ANGINA-PECTORIS  
UNWAHRSCHEINLICH: D16 = HERZINFARKT

2. GROB- UND ZWISCHENDIAGNOSEN:

FOLGENDEN (SCHWACHEN) HINWEISEN WURDE NICHT VOLLSTAENDIG NACHGEGANGEN:

7. KLASSE: D13 = REFLUXKRANKHEIT

SIE HABEN FOLGENDE MOEGlichkeiten:

F = FORTSETZUNG DER SITZUNG (ABARBEITUNG ALLER HINWEISE)

W = WARUM-OPTION

B = BEENDIGUNG DER SITZUNG

EINGABE EINER DIAGNOSENUMMER = AUFLISTUNG ALLER RELEVANTEN BEFUNDE

W

WARUM-OPTION: H =HELP LIEFERT EINE KOMMANDOLISTE!

E = ENDE (FORTSETZUNG DES DIALOGES)

d15

D15 = ANGINA-PECTORIS

AUSWERTUNG: -90 -40 -20 20 60 150

PROCFOLGE: P15A P15T17 P15T11 P15T2

PRIORITAET: 0 (P15T15 P15T16)

SONSTPROCS: TRUE

BEKANNT: W6

WERT: 82

PUNKTE: W6

STEUERSYSTEMWERT (WERTS): W6

NOCH ZUTUN: P15T2

WARTENDE PROZEDUREN: 0

AKTIVIERUNGSZAHL: NIL

AKTIVIERUNGSKLASSE: NIL

AHNE: NIL

d15.b

D15 = ANGINA-PECTORIS

BEGRUENDUNG VON D15 = ANGINA-PECTORIS

82 PUNKTE = HOECHSTWAHRSCHEINLICH

4 F1 W2 SCHMERZVERLAUFSTYP = AKUT-REZIDIVIEREND.

4 F2 W2 SCHMERZENTWICKLUNGSGESCHWINDIGKEIT = 20.SEC.BIS.3.MIN

4 F3 W2 SCHMERZDAUER = 10SEK.BIS.20.MIN

10 F5 W2 REZIDIVPERIODENDAUER = 10.SEK.BIS.20.MIN

4 F7 W5 SCHMERZLOKALISATION = RETROSTERNAL

4 F8 W1 SCHMERZWANDERUNGSSTRAHLUNG = AUSSTRAHLUNG.NACH-LINKS

10 F11 W3 SCHMERZQUALITAET = BEENGEND

20 F15 W2 SCHMERZVERSTAERKUNG = GELEGENLICH.DURCH.KOERPERLICHE.ANSTRENGUNG

-15 R212 F16 NON W1 SCHMERZABSCHWAECHUNG UNGLEICH KOERPERLICHE.RUHE

20

31



(OUT) 40 F340 W2 NITRO-EX.IUVANTIBUS = WESENTLICHE-BESSERUNG  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT) -7 F338 = 3 CK = IM.OBEREN.GRENZBEREICH  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT) 4 RR10 D15 = ANGINA-PECTORIS >= 15 PUNKTE  
(OUT) F40 40 100 ALTER VON 40 BIS 100  
(OUT) Z20 = 3 KORONARSKLEROSE-RISIKO = ERHEBLICH  
(OUT)  
(IN) d16  
(OUT) D16 = HERZINFARKT  
(OUT) AUSWERTUNG:  
(OUT) PROCFOLGE: P16A P16B P16T17 P16T1 P16T15 P16T16  
(OUT) PRIORITAET: 1  
(OUT) BEKANNT: TRUE  
(OUT) WERT: W3  
(OUT) PUNKTE: -25  
(OUT) STEUERSYSTEMWERT (WERTS): W3  
(OUT) NOCH ZUTUN:  
(OUT) VARTENDE PROZEDUREN: FERTIG  
(OUT) AKTIVIERUNGSZAHL: NIL  
(OUT) AKTIVIERUNGSKLASSE: NIL  
(OUT) AHNE: NIL  
(OUT)  
(IN) d16.b  
(OUT) D16 = HERZINFARKT  
(OUT) BEGRUENDUNG VON D16 = HERZINFARKT  
(OUT) -25 PUNKTE = UNWAHRSCHEINLICH  
(OUT) 4 F8 W1 SCHMERZVANDERUNGS-AUSSTRAHLUNG = AUSSTRAHLUNG-NACH-LINKS  
(OUT) 4 F11 W3 SCHMERZQUALITAET = BEENGEND  
(OUT) -7 R231 F3 NON W3 SCHMERZDAUER UNGLEICH 20-MIN.-BIS-3-STUNDEN  
(OUT) F3 NON W4 SCHMERZDAUER UNGLEICH 3-STUNDEN.BIS-6-STUNDEN  
(OUT) 10 F12 W1 SCHMERZINTENSITAET = MAXIMAL  
(OUT) 30 Z19 = 4 ANG-PEC-GRAVIS-INDIKATOR = HOECHSTE-ALARMSTUFE  
(OUT) 4 F7 W5 SCHMERZLOKALISATION = RETROSTERNAL  
(OUT) 10 R221 F12 W1 SCHMERZINTENSITAET = MAXIMAL  
(OUT) Z19 2 4 ANG-PEC-GRAVIS-INDIKATOR VON WARNEND BIS HOECHSTE-ALARMSTUFE  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT) -30 F340 W2 NITRO-EX.IUVANTIBUS = WESENTLICHE-BESSERUNG  
(OUT)  
(OUT) -30 F305 = 7 RUHE-EKG-AUF.HERZINFARKT = STARK-NEGATIV  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT) -20 R248 F305 = 7 RUHE-EKG-AUF.HERZINFARKT = STARK-NEGATIV  
(OUT) F338 = 3 CK = IM.OBEREN.GRENZBEREICH  
(OUT) F339 1 3 GOT VON ERNIEDRIGT BIS IM.OBEREN.GRENZBEREICH  
(OUT)  
(OUT)  
(IN) e  
(OUT) SIE HABEN FOLGENDE MOEGLICHKEITEN:  
(OUT) F = FORTSETZUNG DER SITZUNG (ABARBEITUNG ALLER HINWEISE)



(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)  
(OUT)  
(IN)  
(OUT)

W = WARUM-OPTION  
B = BEENDIGUNG DER SITZUNG  
EINGABE EINER DIAGNOSENUMMER = AUFLISTUNG ALLER RELEVANTEN BEFUNDE

- 33 b MOECHTEN SIE DIE ERGEBNISSE AUSDRUCKEN LASSEN (J/N)?  
n MOECHTEN SIE DIE DATEN ABSPEICHERN? (J/N)  
n DANKE

Erläuterungen:

1. H = Help zeigt dem Benutzer, welche Kommandos ihm zur Verfügung stehen.
2. Zur Erläuterung von Fachausdrücken gibt man deren Anfangsbuchstaben ein.
3. Die folgenden drei Fragen sind nicht in der Liste der Übersichtsfragen enthalten, sondern durch die letzte Antwort "reduzierter Allgemeinzustand" und "schmerzgeprägtes Gesicht" ausgelöst (Weiterfragen-Mechanismus).
4. Die Frage F2 nach der Schmerzentwicklungsgeschwindigkeit hat als Vorbedingung (Askfirst) (F1 = W1) oder (F1 = W2). Der Kommentar "Bezug der Frage" macht diesen Zusammenhang sichtbar. Falls die Vorbedingung nicht erfüllt ist, z.B. bei chronischem Schmerzverlaufstyp, wird die Frage F2 nicht gestellt.
5. Mit dem Kommando e kann man die Erklärung zur Frage anfordern, deren Existenz durch den \* vor der Frage angezeigt wird.
6. Die Kommentare (in Klammern) sind für medizinische Laien gedacht. Sie können auch abgeschaltet werden.
7. Erster Aufruf der Warum-Option. Hier stehen dem Benutzer eine Reihe von neuen Kommandos zur Verfügung.
8. F12.W1 fragt nach der Bedeutung von Schmerzintensität = maximal. Spec-Regeln lenken den Verdacht auf die entsprechende Diagnose; Add-Regeln dienen der Überprüfung eines Diagnoseverdachts. Einen ausführlichen Regeltext kann man durch Eingabe der Regelnummer anfordern (s. 28).
9. Mit dem Kommando e verläßt man die Erklärungskomponente; die letzte Frage des Dialoges wird noch einmal wiederholt.
10. Die durch \* gekennzeichneten Antwortalternativen werden ausführlich wiederholt.
11. Die wichtigsten Unsicherheiten bei der Symptomerhebung werden explizit in den Antwortalternativen erfaßt (regelmäßig bzw. gelegentlich durch körperliche Anstrengung). Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, jede Antwortalternative mit einem Fragezeichen zu kennzeichnen (= vielleicht). Falls eine Frage nicht beantwortet werden kann, gibt man einen - ein (Antwort unbekannt). Nach Auswertung der Übersichtsfragen wird der aktuelle Stand der Agenda ausgedruckt. Die Nummern der Klassen sagen nichts über die Wahrscheinlichkeit der Diagnosen, sondern nur über die relative Dringlichkeit einer genaueren Überprüfung. Mit "Next" zeigt das System immer die Diagnose, die als nächstes untersucht wird.



13. Es werden die Regeln ausgedrückt, die den Verdacht auf obige Diagnosen Gelenkt haben.
14. Begründung, warum die Frage F13 gestellt wurde.
15. Die Frage F4 hat eine kompliziertere Begründung. Sie ist wichtig zur Berechnung von Z18, Z18 für Z19 und erst Z19 für die Verdachtsdiagnose Herzinfarkt.
16. Eine vollständige Übersicht über die Symptome für Z18 (Angina-Pectoris-Gravis-Zähler). Sie deuten alle auf eine wesentliche Verschlimmerung der letzten Schmerzattacke hin. Jetzt wurde die erste Prozedur des Herzinfarktes D16 abgeschlossen. Der Verdacht hat sich erhärtet (s. 19). Deswegen wird die zweite Prozedur von D16 aktiviert, für die keine zusätzlichen Fragen gestellt werden brauchen. Die dritte Prozedur (zweites Next) hat als Voraussetzung die technische Untersuchung "Nitro-ex-Invariantibus". Da sie keinen besonderen Aufwand erfordert (der Patient schluckt nur ein Medikament), ist sie direkt indiziert (s. Indikationsmechanismus für technische Untersuchungen 3.2.7). Sie soll auf Herzinfarkt ausgewertet werden (s. 21).
17. Die bisherigen Daten sprechen stark für den Herzinfarkt, besonders wichtig sind die Symptome Schmerzintensität = maximal und Angina-Pectoris-Gravis-Indikator (s. 20) = höchste Alarmstufe, die alleine 50 Punkte ausmachen. Man beachte den subjektiven Charakter dieser Symptome.
20. Begründung der Zwischenvariablen Z19.
21. Diese Frage (F17) ermöglicht dem Benutzer eine Manipulation des Steuersystems, indem er angeben kann, worauf die technische Untersuchung zusätzlich ausgewertet werden soll (s. 18). Die Antwort 0 lehnt eine solche Manipulation ab.
22. Nachdem beide technische Untersuchungen gegen einen Herzinfarkt sprechen, wird Angina-Pectoris untersucht.
23. Um die sich verstärkende Wirkung der Risikofaktoren zu erfassen, werden sie auf einer Zwischenvariablen (Z4) summiert. Diese Summe wird mittels einer zweiten Variablen (Z20) in 4 Klassen eingeteilt (kein bis sehr starkes Risiko).
24. Zwischenstand der bisher untersuchten Diagnosen.
25. Dringlichkeit, mit der die Diagnosen weiter untersucht werden (Agenda).
26. Die Regel RR10 unterscheidet sich von den übrigen Regeln, da sie sich in Vor- und Nachbedingung auf Angina-Pectoris bezieht (reursive Regel).
27. Hier sagt der Benutzer, daß die CK-Bestimmung außer auf Herzinfarkt auch auf Angina-Pectoris ausgewertet werden soll (s. 21).
28. Die Bedeutung der GOT-Untersuchung kann nur im Kontext mit den anderen technischen Untersuchungen (CK und EKG) angemessen beurteilt werden. R228 ist als ein Beispiel dieser Regeln ausführlich beschrieben.
29. Aktivierung von T16 (GOT): die Aktivierungszahl ist 250, was der höchsten Aktivierungsklasse A23 entspricht. Auf der Warteliste steht die Prozedur P16T16 (Auswertung auf D16-Heartinfarkt).
30. Letzlich hat sich der starke Verdacht auf Herzinfarkt doch als unbegründet herausgestellt. In der Begründung zeigt sich, daß dafür die technischen Untersuchungen verantwortlich sind (zusammen -80 Punkte).



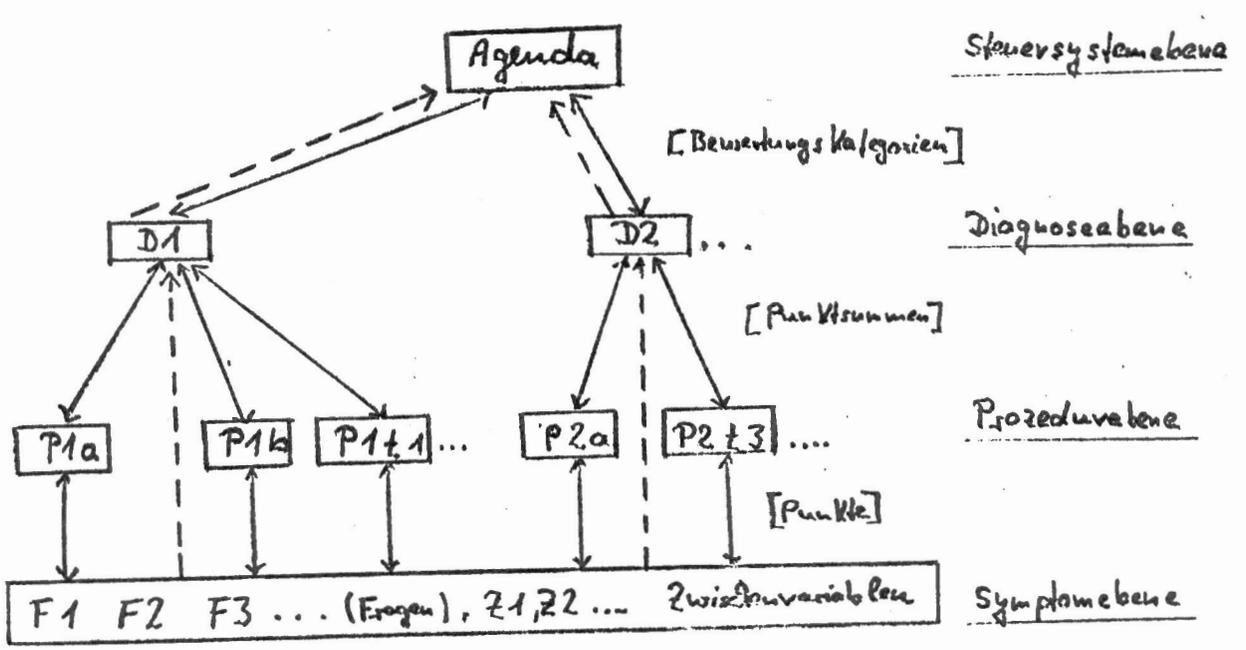
31. Die Angina-Pectoris hat noch eine wartende Prozedur P15T2 (Belastungs-EKG); da sie aber ohnehin höchstwahrscheinlich ist, ist diese aufwendige Untersuchung nicht mehr indiziert. Der Refluxkrankheit würde nicht mehr nachgegangen, falls der Benutzer dies wünscht, kann er F = Fortsetzung angeben.
32. Der Benutzer kann sich eine Liste aller Symptome, Zwischen- und Endergebnisse ausdrucken lassen.
33. Das Abspeichern der Daten dient dem späteren Testen der Auswirkungen von Änderungen in der Wissensbasis auf bereits erfolgreich gelöste Fälle.



3. Beschreibung

3.1. Überblick

Die Leitidee von MED1 ist, Produktionsregeln sowohl für die Repräsentation des Basiswissens als auch des Kontrollwissens zu benutzen [Ste 81]. Das bedingt eine Organisation in verschiedenen Ebenen ("Metaebenen"). Dieses Konzept erwies sich als hinreichend flexibel, um immer wieder auftretende Probleme bei der konkreten Realisierung durch Zusatzmechanismen zu lösen. Bei der Beschreibung des Systems werde ich entsprechend vorgehen.



vereinfachte Kontrollstruktur (ohne technische Untersuchungen (3.2.7), und inhaltliche Strukturierung (3.2.8))

↑ Verdachtsüberprüfung (backward reasoning)  
 ↓ Verdachtsgenerierung (forward reasoning)

Fig 1 Erklärung im Text

Das System besteht aus folgenden Komponenten:

1. Steuersystemebene: Verwaltung der Agenda, einer nach Priorität geordneten Liste der noch zu untersuchenden Diagnosen. Eine Diagnose ist in der Agenda, wenn
  - Verdachtsmomente für sie gefunden wurden (Über Verdachtsgenerierung)
  - ihre Überprüfung zwar begonnen, aber noch nicht abgeschlossen wurde



(d.h. noch nicht alle Prozeduren abgearbeitet wurden) und das Zwischenergebnis der Überprüfung besser als 'unwahrscheinlich' ist (Über Verdachtsüberprüfung).

Es wird immer die ranghöchste Diagnose aktiviert.

2. Diagnoseebene: Die Steuersystemebene 'kennt' von einer Diagnose nur ihren Namen und ihre Bewertungskategorie. Auf der Diagnoseebene wird über die Aktivierung von Prozeduren entschieden und deren Ergebnis verrechnet. Außerdem werden hier die direkten Interaktionen mit anderen Diagnosen durchgeführt (s. Kap 3.2.8 und 3.2.9).

3. Prozedurebene: Eine Prozedur enthält eine sinnvolle Teilmenge der Regeln einer Diagnose. Ihre Aktivierung führt zur schematischen Abarbeitung dieser Regeln und zum Erfragen oder Ableiten der dazu notwendigen Daten. Danach wird die Kontrolle an die Diagnose zurückgegeben. Umfang und Anzahl der Prozeduren pro Diagnose ist beliebig. In der ersten Version hatten wir Prozeduren formal jeweils für positive und negative Evidenz bezüglich Anamnese, körperliche Untersuchung und technischen Untersuchungen eingeteilt. Jetzt interpretieren wir sie rein pragmatisch als Sollbruchstellen bei der Diagnoseüberprüfung, da nach ihrer Abarbeitung die Kontrolle zurückgegeben wird und somit auch andere Diagnosen eine Chance erhalten.

4. Die Symptomebene besteht aus allen Symptomen, die in irgendeiner Regel benutzt werden. Das sind hauptsächlich die Antworten auf Fragen, es gibt aber auch abgeleitete Symptome ("Zwischenvariablen" s. Kap. 3.2.8).

Rangordnung der Agenda:

Es gibt folgende Bewertungskategorien einer Diagnose:

w7 = gesichert

w6 = höchstwahrscheinlich

w5 = wahrscheinlich

w4 = neutral

w3 = unwahrscheinlich

w2 = nahezu ausgeschlossen

w1 = ausgeschlossen

Klassen der Verdachtsgenerierung:

az3 = sehr interessant

az2 = interessant

az1 = möglich

In der Agenda werden die beiden Rangordnungen gemischt (Prioritätsskala):

w7 w6 az3 w5 az2 w4 az1

Diagnosen mit der Bewertungskategorie 'ausgeschlossen' bis 'unwahrscheinlich' kommen nicht in die Agenda.

Funktionsweise:

Der Dialog beginnt mit einer Reihe von Übersichtsfragen. Diese werden umfassend zur Verdachtsgenerierung ausgewertet. Daraus resultiert eine erste Einschätzung der Diagnosen nach der Stärke ihres Verdachtes.

Die Diagnose mit der höchsten Priorität wird dann gezielt untersucht (Verdachtsüberprüfung). Da das Überprüfen sehr aufwendig ist, geschieht



es schrittweise, d.h. in Prozeduren. Nach Ablauf einer Prozedur wird die Agenda auf den neusten Stand gebracht, d.h. das Zwischenergebnis der Überprüfung ersetzt die alte Prioritätsklasse der Diagnose. Außerdem führen starke Hinweise auf andere Diagnosen, die "zufällig" herauskamen, ebenfalls zu einer Änderung der Agenda. Als nächstes wird die Diagnose untersucht, die jetzt die höchste Priorität hat (= ein Steuersystemzyklus), bis ein Terminierungskriterium erfüllt ist (s. 3.2.11).

Terminologie: Bei der Beschreibung des Systems muß man folgende Standpunkte trennen:

1. Die Sichtweise der Person, die die Daten der aktuellen Krankheit eingibt.
  2. Die Sichtweise der Person, die das allgemeine medizinische Wissen eingibt.
  3. Die Betrachtung der Möglichkeiten und Beschränkungen des Systems.
- Beim ersten Standpunkt spreche ich vom "Benutzer", beim zweiten vom "Experten", beim dritten vom "System" oder "MED1".



## 3.2

## Genauere Beschreibung

### 3.2.1

### Struktur der Regeln

Die Zuordnung von Symptomen zu Diagnosen wird in MED1 durch Produktionsregeln realisiert, die aus Vorbedingung und Aktion bestehen:

Bsp.(r221): Wenn (f12 w1) Schmerzintensität = maximal  
und (z19 2 4) Angina-pectoris-gravis-indikator  
von 'warnend' bis 'höchste Alarmstufe'  
dann (addiere Herzinfarkt 10 Punkte)

Formal ist die Vorbedingung eine Verknüpfung von Aussagen in disjunktiver Normalform:

<vorbedingung> ::= <konjunktion> / <vorbedingung> oder <konjunktion>  
<konjunktion> ::= <aussage> / <konjunktion> und <aussage>

Jede Aussage bezieht sich auf die globale Datenbasis, die allen Regeln zugänglich ist. Diese besteht

1. aus den vom Benutzer erfragten Daten (z.B. Schmerzintensität = maximal)
2. aus den Ergebnissen der Anwendung von Regeln, deren Vorbedingung zu 'wahr' ausgewertet wurde.

Die Durchführung der Aktion einer Regel bewirkt also eine Änderung der Datenbasis. Im obigen Beispiel war die Aktion eine Addition einer Punktzahl für eine Diagnose, sie kann auch zur Zusammenfassung vieler Einzelsymptome zu einem komplexen Symptom ('Zwischenvariable') dienen (vgl. 3.2.8 inhaltliche Strukturierung der Diagnoseprüfung).

Bsp.: Z19 Angina-Pectoris-gravis-Indikator ergibt sich aus den Symptomen, die eine wesentliche Schmerzverschlimmerung der letzten Schmerzattacke andeuten (s. Beispiel Anmerkungen 15 und 16).

Die Bedeutung der Punktzahlen wird in Kapitel 3.2.6 'Umgang mit Unsicherheiten' erläutert.

### 3.2.2

### Forward- und Backward-reasoning

Für die Aktivierung von Regeln gibt es zwei prinzipielle Alternativen:

1. Eine Regel 'feuert', sobald alle Voraussetzungen in der globalen Datenbasis erfüllt sind (forward-reasoning, data-driven).
2. Umgekehrt kann man von einem Ziel ausgehen (z.B. Angina-pectoris) und alle Regeln überprüfen, deren Aktionen etwas über Angina-Pectoris aussagen. Falls irgendwelche Symptome in der Vorbedingung einer Regel unbekannt sind, werden sie erfragt oder abgeleitet (backward-reasoning, goal-driven).

Dieser Unterschied ist von grundlegender Bedeutung für die Funktionsweise von MED1.

Die Startvorgabe des Forward-reasoning ist das Vorhandensein aller relevanten Symptome, die des Backward-reasoning die Existenz eines Zieles d.h. einer Verdachtshypothese, die überprüft werden soll.

Beim Forward-reasoning werden systematisch alle Regeln durchprobiert. Dadurch ist garantiert, daß man nichts übersieht. Beim Backward-reasoning wird auf ein Ziel hingearbeitet, alles andere wird ignoriert.

Während ein reines Forward-System an dem Aufwand für Symptomerhebung und Rechenzeit scheitert, fehlt einem reinen Backward-System eine geeignete Zielvorgabe, das Austesten willkürlicher Verdachtshypothesen würde zu denselben Nachteilen führen. Beide reinen Strategien sind deshalb nur



für hochspezialisierte Systeme geeignet (z.B. MYCIN: Backward-reasoning). MED1 verwendet beide Strategien gemischt: Die Übersichtsfragen werden umfassend (forward) ausgewertet, der sich daraus ergebende beste Verdacht wird gezielt (backward) überprüft, wobei aussagekräftige Symptome wiederum über die aktuelle Verdachtsdiagnose hinaus berücksichtigt werden (forward).

Bsp.: Frage nach der medikamentösen Beeinflußbarkeit der Brustschmerzen (F13): auch wenn für die Zieldiagnose Herzinfarkt nur die Nichtbeeinflußbarkeit wichtig ist, würde die Angabe eines Medikamentes zur Generierung einer neuen Verdachtsdiagnose führen.

### 3.2.3 Das Prozedurkonzept: Sollbruchstellen der Diagnose-Überprüfung

Bei der gezielten Überprüfung eines Verdachtes kann sich bald herausstellen, daß die Diagnose nicht interessant ist, oder es können starke Verdachtsmomente für andere Diagnosen auftauchen. Andererseits liegt es in der Natur des Backward-reasoning, daß eine vollständige Untersuchung vorgenommen wird, die eventuell überflüssig wäre. Es ist daher notwendig, von Zeit zu Zeit neu zu entscheiden, ob die Überprüfung der Verdachtsdiagnose weiter Vorrang genießt. Dafür enthält MED1 zwei Mechanismen:

1. Ein Symptom bzw. das Fehlen eines Symptomes kann sowohl für als auch gegen eine Diagnose sprechen. Bei negativer Evidenz werden Minuspunkte vergeben. Falls das Punktekonto in die niedrigste Bewertungskategorie (ausgeschlossen) absinkt, wird die Überprüfung der Diagnose mit dem Ergebnis ausgeschlossen abgebrochen. Dadurch wird eine ausführliche Untersuchung völlig abwegiger Diagnosen unterbunden. Dieser Mechanismus ist zum Beispiel für seltene, aber gefährliche Krankheiten nützlich, da sie schon bei geringfügigen Verdachtsmomenten überprüft werden müssen.

2. Die Gesamtmenge aller Regeln für eine Diagnose wird auf verschiedene Prozeduren verteilt, wobei nach Abarbeitung jeder Prozedur auf Systemebene eine Neubewertung vorgenommen wird, ob die Überprüfung der Verdachtsdiagnose weiter Vorrang genießt. Im Gegensatz zu 1. kann das System zu einem späteren Zeitpunkt die Diagnose wieder aufgreifen.

Der Umfang der Prozeduren und die Reihenfolge ihrer Abarbeitung wird vom Experten bestimmt. Bei zu kleinen Prozeduren tendiert das System zu einem häufigen Wechsel der Verdachtshypothesen, was sich in einer unzusammenhängenden Reihenfolge der Fragen an den Benutzer auswirkt, bei zu großen Prozeduren werden eventuell unnötige Fragen gestellt.

### 3.2.4 Fragestrategie

Das Backward-reasoning einer Prozedur bestimmt im wesentlichen die Reihenfolge der Fragen, die an den Benutzer gestellt werden. Wenn in der Vorbedingung einer Regel ein nicht ableitbares Symptom unbekannt ist, wird die zugehörige Frage gestellt (falls die bereits bekannten Symptome zur Auswertung der Regeln nicht ausreichen). Die prinzipielle Alternative zu diesem zielgerichteten Frageverhalten ist ein systematisches Abfragen der möglichen Symptome, wie es im Fragebogen realisiert ist.

In MED1 sind beide Fragestrategien gemischt, um ein möglichst natürliches Frageverhalten zu erreichen. Die zugrundeliegende zielgerichtete Reihenfolge der Fragen kann der Experte durch folgende systematische Elemente ergänzen:



1. Es gibt sowohl quantitative als auch qualitative Fragen. Bei quantitativen wird nach der Ausprägung eines Symptomes (z.B. F12 Schmerzintensität, F140 Puls) gefragt, wobei nur eine Antwort möglich ist. Die qualitativen (z.B. F11 Schmerzqualität, F15 Schmerzverstärkung) dagegen erlauben Beantwortung der Frage mit beliebig vielen der aufgelisteten Antwortalternativen. Dies ist mehr Information als zur Auswertung der augenblicklich aktuellen Regel notwendig ist.

2. Der Weiterfragen-Mechanismus dient dazu, außergewöhnliche Symptome sofort genauer zu erfassen. Dazu kann der Experte weitere Fragen festlegen, die unmittelbar anschließend gestellt werden. (s. Beispiel Anm. 3: f130 w2 = reduzierter Allgemeinzustand bedingt die Fragen F206 = AZ-Akuität, F150 und F148 = akute und chronische Kreislaufsymptome). Diese Fragen kommen dann unabhängig davon, ob sie in der augenblicklichen Prozedur gebraucht werden.

Diese beiden Mechanismen dienen einerseits der Benutzerfreundlichkeit, zusammengehörige Befunde auch zusammen zu erfragen. Andererseits spielen sie eine entscheidende Rolle bei der Verdachtsgenerierung. Auffällige Symptome werden forward ausgewertet und führen so zu neuen Verdachtsdiagnosen.

3. Ein weiterer Mechanismus 'Askfirst' soll die Anzahl der Fragen an den Benutzer reduzieren. Der Experte kann für eine Frage eine Vorbedingung angeben. Nur falls diese erfüllt ist, wird die Frage gestellt. (s. Beispiel Anm. 4: Die Frage F2 "wie schnell haben die Schmerzen ihren Höhepunkt erreicht?" wird nicht gestellt, wenn der Schmerzverlaufstyp chronisch ist (F1 W3).) Die Vorbedingung ist typischerweise eine Antwortalternative einer anderen Frage, die das System vorher erfragen muß, wenn sie unbekannt ist (deswegen 'Askfirst').

Das Verneinen einer übergeordneten Frage führt dazu, daß eine Reihe von speziellen Fragen nicht mehr gestellt werden. Dieses Prinzip hat den Nachteil, daß von der Beantwortung einer allgemeinen Frage mehr abhängen kann, als der Benutzer der Frage unmittelbar ansieht (z.B. F70 W1: Thorax, Atmung, Lungen = ohne Befund). Hier muß der Experte einen Kompromiß zwischen der Ökonomie hierarchischer Fragestrukturen und direkter Detailerfragung anstreben. Vom System her unterstützt wird eine hierarchische Fragestruktur:

1. durch die Möglichkeit zusätzlicher Erläuterungen für die übergeordnete Frage (s. 3.2.5 Benutzerservice).
2. durch automatische Angabe, worauf sich die untergeordnete Frage bezieht.

### 3.2.5. Benutzerservice

Bei der Formulierung der Fragen und Antwortalternativen steht der Experte ständig vor dem Problem, daß der Text einerseits nicht zu lang sein darf, andererseits verständlich sein muß. Was verständlich ist, hängt vom Vorwissen des Benutzers ab.

Der Leitgedanke in MED1 besteht darin, den automatisch ausgedruckten Text so knapp wie möglich zu halten und dafür dem Benutzer die Möglichkeit zum Nachfragen zu geben. Das ist an folgenden Stellen vorgesehen:

1. Zur Erklärung der Fachterminologie hat der Benutzer einmal den Modus 'Kommentar', der für seltene Fachbegriffe in den Antwortalternativen automatisch die Übersetzung hinzufügt. Für häufige Fachausdrücke ist ein Lexikon eingebaut, mit dem der Benutzer Fachbegriffe durch Eingabe der



Anfangsbuchstaben erfragen kann (s. Beispiel Anm. 2: dy: Dyspnoe = Luftnot).

2. Zur Erläuterung verkürzter oder potentiell unklarer Formulierungen kann der Experte einen zusätzlichen Text sowohl für die Frage als auch für jede Antwortalternative angeben, der nur auf Wunsch des Benutzers ausgedruckt wird. Das Vorhandensein einer solchen Erläuterung wird vom System durch einen \* angezeigt (s. Beispiel Anm. 5 und Anm. 10).

Andere Formen des Benutzerservice sind:

- die Möglichkeit, frühere Antworten während eines Dialoges korrigieren zu können.
- Regeln innerhalb eines Dialoges ändern zu können, um die Auswirkungen unmittelbar zu testen.
- die Möglichkeit, einen großen Teil des normalerweise auf dem Bildschirm erscheinenden Textes zu unterdrücken.
- die Erklärungskomponente (s. 4.3)

### 3.2.6 Umgang mit Unsicherheiten / Evidenzverstärkung

#### 3.2.6.1 Problematik

Beim Diagnostizieren muß aus unsicheren, aber häufig redundanten Daten eine sichere Schlußfolgerung gezogen werden.

Das Basisproblem ist die oft mangelnde Objektivierbarkeit der Symptome (engl. findings), das auch im Sprachgebrauch zum Ausdruck kommt: Beschwerden (engl. symptoms) sind rein subjektive Beobachtungen des Patienten (z.B. Kopfschmerzen), Befunde (signs) sind durch den Arzt feststellbare Krankheitszeichen (z.B. Herzgeräusche). Noch besser objektivierbar sind die Ergebnisse von technischen und Laboruntersuchungen (engl. tests). Bei der Festlegung der Bedeutung der Symptome für Diagnosen pflanzen sich diese Unsicherheiten häufig fort bzw. vermehren sich, weil die ursächlichen Beziehungen meist unbekannt sind, und man sich deswegen auf Erfahrungen aus der Praxis stützen muß (judgemental knowledge).

Schätzwerte gehen auf 3 Arten in ein Diagnosesystem ein:

1. Symptomerhebung: Feststellen des Vorhandenseins und der Ausprägung von Symptomen.
2. Symptombewertung: Festlegen der Bedeutung von Symptomen im Hinblick auf Diagnosen.
3. Verrechnung der Schätzwerte aus 1 + 2 zu einem Gesamtergebnis.

Für die Symptombewertung gibt es zwei prinzipielle Möglichkeiten:

a) Man berechnet die Korrelationen zwischen Symptomen und Diagnosen aus Patientendaten (z.B. Krankengeschichten). Für die Auswertung werden bekannte mathematische Modelle benutzt, insbesondere das Theorem von Bayes. Man braucht dazu:

1. eine endliche Menge von Symptomen und Diagnosen
2. alle Apriori-Wahrscheinlichkeiten der Diagnosen
3. für alle Symptom / Diagnose Kombinationen die Wahrscheinlichkeit der Diagnose, falls das Symptom vorliegt.

Im einfachsten Fall prüft man zunächst bei einem Patienten die Existenz aller Symptome und kann dann mit der Formel von Bayes ableiten, welche Diagnose am wahrscheinlichsten ist. Eine wesentliche Verbesserung besteht in einer sequentiellen Symptomerhebung, d.h. ob terminiert wird bzw. welches die nächste Untersuchung ist, hängt von der Auswertung aller



bereits bekannten Untersuchungen ab.

Dieses Modell funktioniert nur unter folgenden Voraussetzungen:

- umfangreiches und gut dokumentiertes Datenmaterial ist verfügbar
- die Symptome sind nicht untereinander korreliert
- die Diagnosen schließen sich wechselseitig aus
- die Menge der Diagnosen ist vollständig
- die Apriori-Wahrscheinlichkeiten der Diagnosen und der Symptom-Diagnose Korrelationen verändern sich nicht

Wie sich in der Praxis herausstellte, gelten diese Annahmen nur in hochgradig spezialisierten Teilbereichen der Medizin (z.B gibt es ein erfolgreiches Programm für akute Bauchschmerzen [DLS 72]).

b) Die andere Alternative besteht darin, daß man sich bei der Symptombewertung direkt auf die Erfahrung von Ärzten stützt. In dem oben erwähnten, erfolgreichen Programm für akute Bauchschmerzen unternahm man ein interessantes Experiment, indem man Experten die Korrelationen abschätzen ließ. Während es mit den originalen Korrelationen, die aus den Daten von 600 Patienten berechnet wurden, deutlich bessere Diagnosen als die behandelnden Krankenhausärzte stellte, verschlechterte sich seine Leistung bei Verwendung der Expertenschätzungen beträchtlich. Das bedeutet, daß ein Expertensystem sich auch bei der Verrechnung der Schätzwerte am Arzt orientieren muß. Die Kriterien für solche Modelle des "inexact reasoning" sind Plausibilität und Erfolg. Ich werde zunächst ein solches Modell im Detail beschreiben und diskutieren und dann das in MED1 realisierte Konzept vorstellen und begründen.

### 3.2.6.2 MYCIN's "reasoning with uncertainty"

MYCIN [Sho 76] ist ein erfolgreiches System für Diagnose und Therapie bakterieller Infektionen des Blutes und der Hirnhaut, in dem erstmalig versucht wurde, ein Modell zu implementieren, wie Ärzte Entscheidungen aufgrund von unsicheren Daten treffen [SB 75]. Im Vergleich zum Theorem von Bayes fallen sofort zwei Merkmale auf:

1. miteinander korrelierte Symptome können bequem mit Regeln bewertet werden.

2. Es gibt eine getrennte Bewertung von positiver und negativer Evidenz (measure of belief & measure of disbelief). Zu deren Berechnung werden verschiedene Regeln benutzt, d.h. falls aus dem Zutreffen der Vorbedingung einer Regel die Diagnose wahrscheinlicher wird, wird sie bei Nichtzutreffen nicht unwahrscheinlicher. Die Gesamtwahrscheinlichkeit einer Diagnose (certainty factor) erhält man durch Subtraktion: Measure of belief - Measure of disbelief.

Zur Berechnung der positiven bzw. negativen Evidenz gibt der Experte für jede Regel eine Prozentzahl an, wie sicher der Schluß von der Vorbedingung zur Nachbedingung ist.

Bsp.: Wenn 1) der Organismus gram-positiv ist  
2) der Organismus in Ketten wächst  
3) der Organismus die Gestalt einer Kugel hat  
dann beträgt die Wahrscheinlichkeit 70 %, daß der Organismus ein Streptokokkus ist.

Die Lösung der beiden übrigen Probleme, a) wie wird die Unsicherheit bei der Symptomerhebung berücksichtigt? und b) wie werden verschiedene Regeln zu einer Gesamtwahrscheinlichkeit der Diagnose verrechnet?, sieht so aus:



a) Der Benutzer gibt für jedes Symptom in Prozenten an, wie gesichert es ist. Falls Symptome in der Vorbedingung durch 'und' verknüpft sind, wird mit dem Minimum, bei einer 'oder'-Verknüpfung mit dem Maximum der Einzelwahrscheinlichkeiten weitergerechnet. Die tatsächliche Wahrscheinlichkeit der Nachbedingung ergibt sich aus dem Produkt von Vorbedingung und Regelwahrscheinlichkeit.

Bsp. (Fortsetzung): Es sei:

Organismus grampositiv = 100 %

Organismus wächst in Ketten = 60 %

Organismus hat Kugelform = 70 %

dann ist die Wahrscheinlichkeit der Vorbedingung:  $\min(1, 0,6, 0,7) = 0,6$

und die Wahrscheinlichkeit der Nachbedingung:  $0,6 \times 0,7 = 42 \%$ .

b) Berechnung der Evidenzverstärkung (Kombination verschiedener Wahrscheinlichkeiten für dieselbe Diagnose):

Sei  $W_1$  die bisherige Wahrscheinlichkeit der Diagnose

$W_2$  die Wahrscheinlichkeit, die eine neue Regel liefert

$W$  die neue Gesamtwahrscheinlichkeit

dann gilt:  $W = W_1$ , falls  $W_2 < 20 \%$

$W = W_1 + (1 - W_1) \times W_2$ , sonst

Bsp. (Fortsetzung): Angenommen eine zweite Regel liefert eine Wahrscheinlichkeit von 50 %, daß der Erreger ein Streptokokkus ist. Dann ergibt sich  $W = 0,42 + (1 - 0,42) \times 0,5 = 71 \%$ .

Kritik: In verschiedenen Tests hat sich die Brauchbarkeit dieses Modells des 'reasoning with uncertainty' gezeigt. Besonders die getrennte Bewertung von positiver und negativer Evidenz erleichtert das zentrale Problem, das Abschätzen der Regelwahrscheinlichkeiten durch den Experten. Allerdings wird dies durch folgende Eigenschaften des Modells erschwert:

1. Bei der Verrechnung der Symptome in der Vorbedingung einer Regel werden sehr verschiedene Situationen gleichbehandelt. Bsp. (Fortsetzung): Auch wenn die 3 Einzelwahrscheinlichkeiten jeweils nur 60 % sind, ändert sich nichts:  $\min(0,6, 0,6, 0,6) = 0,6$ .

2. Die Unsicherheiten bei der Symptomerhebung schlagen sehr gravierend auf das Endergebnis durch, ohne daß der Experte dies kontrollieren kann. In unserem Beispiel ändert sich die Sicherheit der Schlußfolgerung der Regel direkt proportional zur Wahrscheinlichkeit des zweiten (unsichersten) Symptoms. Würde sie nur mit 0,3 eingeschätzt, wäre die Gesamtwahrscheinlichkeit nur noch  $0,7 \times 0,3 = 0,21$ . Die prozentualen subjektiven Einschätzungen des Benutzers, die individuell sehr verschieden sein können, bilden ein ernsthaftes Problem bei der Formulierung der Regeln.

3. Der schwerwiegendste Einwand ist die starre Formel der Evidenzverstärkung. Die menschliche Verknüpfung verschiedener Krankheitszeichen zu einer Gesamtwahrscheinlichkeit für eine Diagnose ist meist situationspezifisch:

Beispiele:



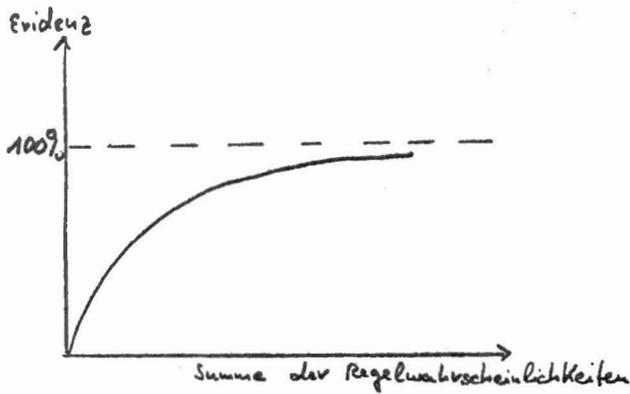


Fig 2.1.

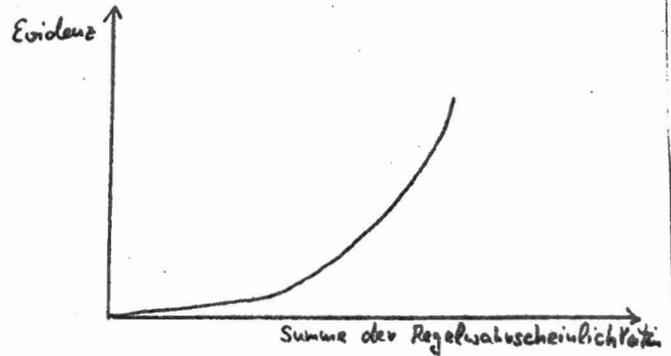


Fig 2.2.

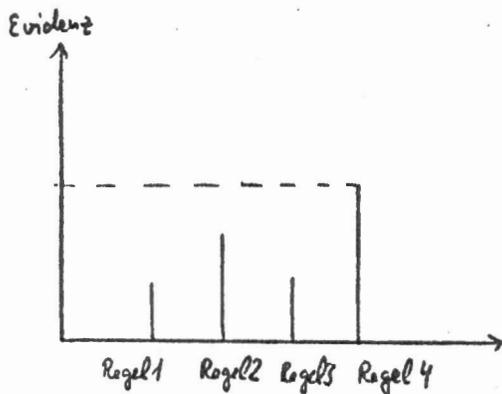


Fig 2.3.

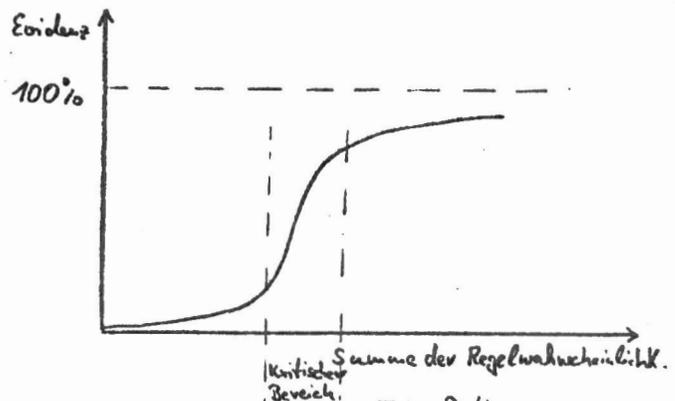


Fig 2.4.

Fig 2  
verschiedene Möglichkeiten der Evidenzverstärkung (Erklärung im Text)

a. In MYCIN ist der Einfluß einer neuen Regel umso geringer, je größer die bisherige Evidenz für die Diagnose ist (Fig. 2.1). Im obigen Beispiel bewirkte die Regel mit der Wahrscheinlichkeit 50 % eine Steigerung des Measure of Belief (MB) von 42 % auf 71 %. Wäre das MB bereits 80 % gewesen, so hätte dieselbe Regel nur eine Verstärkung auf 90 % bewirkt.

b. Eine ganz andere Situation liegt bei den Risikofaktoren für Arteriosklerose vor. Hier ist die Bedeutung eines zusätzlichen Risikofaktors umso größer, je mehr andere Faktoren bereits vorhanden sind (Fig 2.2). Bemerkung: Eine Evidenz von 100 % kann hier auch nicht annähernd erreicht werden.

c. Wenn die einzelnen Regeln stark miteinander korreliert sind, würde eine Verrechnung nach den ersten beiden Fällen eine zu hohe Evidenz liefern. Dann ist es vorteilhafter, nur das Maximum der Regelwahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen (Fig. 2.3).

Fig 2.4 beschreibt eine für den Menschen sehr typische Bewertung unsicherer Daten: der subjektive Eindruck schlägt in einer schmalen "kritischen Region" von geringer zu hoher Evidenz um.



### 3.2.6.3

### Eigenes Konzept

Die Leitidee für den Umgang mit Unsicherheiten in MED1 besteht darin, dem Experten einen möglichst großen Spielraum bei der Quantifizierung seiner Symptombewertungen zu lassen. Insbesondere kann er die Evidenzverstärkung mitbestimmen, sie ist nicht vollständig vom System vorgegeben (vgl. 3. Kritikpunkt von MYCIN).

Die Grundstruktur ist eine Punktbewertung der Einzelsymptome bzw ihrer typischen Kombinationen (Regeln), deren Summe pro Diagnose ein Maß ihrer Wahrscheinlichkeit ist. Dabei wird positive und negative Evidenz wie bei MYCIN durch verschiedene Regeln beurteilt.

Der wesentliche Unterschied zu MYCIN besteht darin, daß in MED1 die Punkte einer Regel ihre Bedeutung erst durch das Auswertungsschema erhalten, das die Punktsumme aller Regeln in eine Wahrscheinlichkeitskategorie überführt. In MYCIN enthält eine Regel eine direkte Aussage über die Wahrscheinlichkeit der Diagnose. Die Vorteile einer Punktbewertung mit Auswertungsschema sind:

1. der Experte kann die Intervalle für die Wahrscheinlichkeitskategorien der Diagnosen individuell festlegen.
2. die Anzahl der notwendigen Regeln ist weit geringer als bei direkter Bewertung, insbesondere wenn man viele wenig spezifische Symptome berücksichtigt (s. unten).

Der Hauptnachteil liegt in dem Verlust an Übersichtlichkeit. Während bei MYCIN jede Regel eine eigenständige Aussage darstellt, kann man in MED1 eine Regel vollständig nur im Kontext der übrigen Regeln für die Diagnose verstehen.

Da das Auswertungsschema sich auf die Punktsumme aller Regeln für eine Krankheit bezieht, kann dadurch nicht erfaßt werden, wenn eine Gruppe von Symptomen sich wechselseitig verstärkt (s. Beispiel Anm. 23: Risikofaktoren für Arteriosklerose). Falls man jede Kombination explizit bewerten will, wären das schon bei 5 Symptomen 32 Regeln. Dieses Problem läßt sich durch einen Zwischenzähler (vgl. 3.2.8 Strukturierung der Diagnoseüberprüfung) lösen, wo gezählt wird, wieviele der Risikofaktoren vorliegen und in Abhängigkeit von dem Punktestand des Hilfszählers die Punktbewertung hinsichtlich der Diagnose (Angina-Pectoris) vorgenommen wird. Je nach Ausprägung und Bedeutung eines Risikofaktors kann sein Beitrag zum Zwischenzähler unterschiedlich groß sein. Die Vor- und Nachteile eines Zwischenzählers sind dieselben wie bei dem Auswertungsschema mit Punktbewertung.

Durch Manipulation der Intervalllänge des Auswertungsschemas kann der Experte alle 4 in der Kritik von MYCIN beschriebenen Typen von Situationen erfassen:



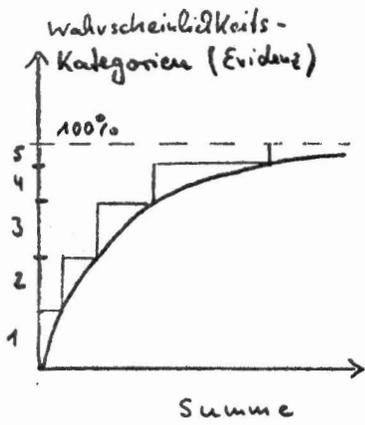


Fig 3.1.

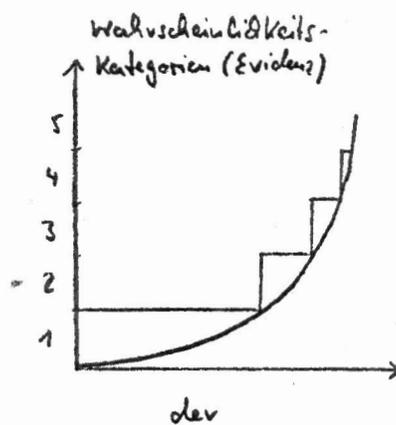


Fig 3.2.

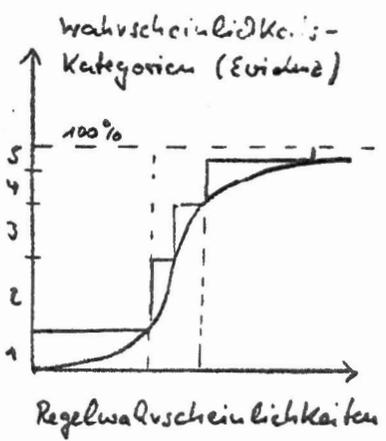


Fig 3.3.

Approximation der verschiedenen Kurven der Evidenzverstärkung  
in MED1 (Evidenzabschwächung symmetrisch).

Fig 3

- a. = Fig. 3.1: je höher die Evidenz, desto größer die Intervalle.
- b. = Fig. 3.2: je höher die Evidenz, desto kleiner die Intervalle.
- c. Die Maximumsfunktion läßt sich durch eine logarithmische Einteilung der Intervalle simulieren z.B.
  - 1. Intervall 0 - 9
  - 2. Intervall 10 - 99
  - 3. Intervall 100 - 999 usw.
- d. = Fig. 3.3: Die Intervalle der kritischen Region sind besonders klein.

Ein weiterer Mechanismus für den Experten, die Evidenzverstärkung von Symptomen zu beeinflussen, wird durch einen neuen Regeltyp verwirklicht, den rekursiven Regeln. Dabei kann der Experte in der Vorbedingung einer Regel auf dieselbe Diagnose Bezug nehmen, die er in der Nachbedingung bewertet. Der Sinn besteht darin, daß es Symptome gibt, die für sich noch kein Indiz für eine Krankheit sind. Wenn aber bereits ein gewisser Verdacht auf die Krankheit besteht, so verstärken diese Symptome den Verdacht. Das sind meist solche Symptome, die an der Entstehung der Krankheit beteiligt sind wie die Risikofaktoren bei Angina-Pectoris. Sie werden erst dann berücksichtigt, wenn die übrige Symptomatik Anhaltspunkte für Angina-Pectoris bietet, d.h. ihr Punktestand eine gewisse Schwelle überschritten hat, was nach Ablauf jeder Prozedur kontrolliert wird (s. Beispiel Anm. 26).

Unsicherheiten bei der Symptomerhebung werden in MED1 rigoros behandelt als in MYCIN, wo man pro Symptom immerhin 21 Ausprägungen angeben konnte (100 % nein, 90 % nein, ... , 100 % ja) (vgl. 1. + 2. Kritikpunkt von Mycin). Beim Beantworten einer Frage hat der Benutzer folgende Möglichkeiten:



- 1. Antwort unbekannt ( 0 %)
- 2. pro Antwortalternative: Symptom vorhanden (+ 100 %)
- Symptom fraglich vorhanden (+ 50 %)
- Symptom nicht vorhanden (- 100 %)

Die Option "fraglich vorhanden" ist hauptsächlich aus experimentellen Gründen eingeführt worden und bewirkt die Halbierung der Punktzahl in einer Regel. Falls in einer Vorbedingung bei mindestens zwei Symptomen dieses 'vielleicht' angegeben wurde, so wird die Regel bei einer Konjunktion zu 'falsch' interpretiert, bei einer Disjunktion bleibt es 'vielleicht'. Es gibt also keine zu 75 % oder 25 % richtigen Vorbedingungen. Wo erfahrungsgemäß häufig Unsicherheiten bezüglich eines Symptomes bestehen, sollte der Experte diese bereits in die Antwortalternativen mit aufnehmen, um sie explizit bewerten zu können (s. Beispiel Anm. 11: F15 = Schmerzverstärkung W1 = regelmäßig durch körperliche Anstrengung, W2 = gelegentlich durch körperliche Anstrengung ...).

### 3.2.7 Indikationen für aufwendige Untersuchungen

Da das System die Vorgehensweise eines Arztes grob simulieren soll, muß auch berücksichtigt werden, daß gewisse Untersuchungen zwar sehr aufschlußreich, aber auch aufwendig sind und einen Eingriff in den Körper des Patienten erfordern. Für diese "technischen Untersuchungen" (t.U.) gibt es ein relativ kompliziertes Verfahren der Indikation. Indikationspunkte werden wie folgt vergeben:

positiv 1. von den Verdachtsdiagnosen, zu deren Klärung eine t.U. angefordert wird

2. von anderen t.U.'s

negativ 1. konstant: Aufwands- und Risikobewertung

2. dynamisch: Regeln, die in Abhängigkeit von Patientendaten das Risiko bewerten.

Die Indikationspunktzahl (Aktivierungszahl) der t.U. wird zu einer Prioritätsklasse AZ3, AZ2, AZ1 oder Nil (s. Beispiel Anm. 29) umgerechnet. Wenn diese höher ist als die der übrigen Verdachtsdiagnosen in der Agenda und keine Kontraindikation vorliegt (z.B. bei Belastungs-EKG Möglichkeit eines Herzinfarktes), wird die t.U. empfohlen und der Benutzer gefragt, ob die Ergebnisse vorliegen und ob er sie auf weitere Diagnosen auswerten will, als diejenigen, die zu ihrer Indikation geführt haben. Die Auswertung erfolgt dann in diagnosespezifischen Prozeduren. Konzeptionell weicht der Umgang mit t.U.'s vom Backward-reasoning ab, da zunächst Gründe für ihren Nutzen gesammelt werden und sie nach ihrer Durchführung relativ umfassend ausgewertet werden. Diese Struktur hat Auswirkungen auf das Prozedurkonzept:

1. Prozeduren haben Vorbedingungen, d.h. sie können erst dann ausgeführt werden, wenn die t.U. durchgeführt wurde.

2. Prozeduren können in einen Wartezustand versetzt werden, d.h. sie sind zwar aktiviert, müssen aber warten, bis ihre t.U. höchste Priorität erlangt hat.

3. Die normale Abarbeitung von Prozeduren einer Diagnose kann durchbrochen werden, falls der Benutzer eine t.U. zum Beispiel auf eine bisher noch nicht geprüfte Diagnose ausgewertet haben will.

4. Solange eine Prozedur auf ihre t.U. wartet, kann die zugehörige Diagnose nicht aktiviert werden.



Die Fähigkeit des Arztes, den diagnostischen Weg von den unmittelbar feststellbaren Symptomen zur Enddiagnose strukturieren zu können, bestimmt maßgeblich seinen Erfolg bei der richtigen Interpretation des Krankheitsbildes. Zwischenglieder auf diesem Weg sind:

1. einfache Relationen z.B. Schockindex = Quotient aus Pulsfrequenz und Blutdruck.
2. die Zusammenfassung einer Gruppe von Symptomen zu nützlichen Abstraktionen (z.B. Prädisposition für eine Krankheit, pathophysiologische Zustände, Syndrome), die durch praktische Erfahrung oder ein kausales Verständnis begründet sind z.B. Arteriosklerose-Risikofaktoren oder Kreislaufschock.
3. Grobdiagnosen, die im weiteren Verlauf präzisiert werden z.B. Ösophaguspassagestörung.

In MED1 wird dieses Wissen durch Zwischenvariablen, Zwischen- und Grobdiagnosen repräsentiert:

Eine Zwischenvariable wird vom System so behandelt wie ein Symptom, nur daß sie nicht erfragt, sondern mit Regeln aus anderen Symptomen abgeleitet wird. Außer dem Vorteil der Wissensstrukturierung bieten Zwischenvariablen die Möglichkeit, arithmetische Operationen auszuführen und eine nicht-lineare Verstärkung einer Gruppe von Symptomen ökonomisch auszudrücken. Sie werden nur backward berechnet, d.h. wenn sie zur Überprüfung einer Diagnose benötigt werden (s. Beispiel Anm. 15, 16 und 20).

Wenn sich die Zwischenvariable aus vielen Symptomen zusammensetzt, kann die Berechnung aufwendig werden wie beim Kreislaufschock.

Dafür gibt es eine zweite Möglichkeit der Repräsentation, die Zwischendiagnosen, die vom System wie normale Diagnosen behandelt werden (Ausnahme s. 3.2.11 Terminierungskriterien). Da sie im Gegensatz zu Zwischenvariablen über ein eigenes System der Verdachtsgenerierung verfügen, können Zwischendiagnosen auch forward ausgewertet werden, d.h. erst wenn sie bekannt sind, werden die Regeln evaluiert, die die Schlußfolgerungen ausdrücken.

Man kann Zwischendiagnosen auch zum Aufbau einer Diagnosehierarchie benutzen, indem die übergeordnete Diagnose als Zwischendiagnose Regeln zur Verdachtsgenerierung der untergeordneten Diagnosen enthält (s. nächstes Kapitel: Schlußfolgerungen aus Diagnosen). Dann müssen für die untergeordneten Diagnosen alle relevanten Symptome der übergeordneten Diagnose neu bewertet werden.

Dies kann man vermeiden, indem man letzere als Grobdiagnose und die Feindiagnosen als Nachfolger deklariert. Nach Abarbeitung der Grobdiagnose werden die Feindiagnosen aktiviert, die als Startkapital die Punktzahl der Grobdiagnose erhalten. Dieser Mechanismus bedeutet eine erhebliche praktische Vereinfachung, wenn die Grobdiagnose durch alle Symptome (genauer Regeln) definiert werden kann, die die Feindiagnosen gemeinsam haben.

Unabhängig von dieser Hierarchie kann jede Feindiagnose auch direkt über ihre Verdachtsgenerierung aktiviert werden. Dann werden zuerst die Prozeduren der Grobdiagnose abgearbeitet.

Eine Hierarchie kann beliebig tief sein.



### 3.2.9

### Schlußfolgerungen aus Diagnosen

Ein wesentliches Merkmal von MED1 ist die schrittweise Überprüfung der Diagnosen. Dabei taucht das Problem auf, daß man einerseits möglichst früh die Schlußfolgerungen aus der Diagnose ziehen will, andererseits sich ihre Wahrscheinlichkeitskategorie im weiteren Verlauf der Sitzung ändern kann, insbesondere wenn die Ergebnisse von technischen Untersuchungen ausgewertet sind.

In MED1 dürfen erst dann Schlußfolgerungen gezogen werden, wenn die Diagnose hinreichend gründlich untersucht wurde. Das wird durch ein drittes Punktekonto (zusätzlich zu Verdachtsgenerierung und -überprüfung) abgefragt, auf das nach Durchführung jeder Prozedur entsprechend ihrer Aussagekraft Punkte addiert werden. Sobald die Punktsumme eine Schwelle überschritten hat, dürfen Schlußfolgerungen aus der Wahrscheinlichkeitskategorie der Diagnose gezogen werden.

Wenn diese Backward-Regeln sind, werden solange Prozeduren der Diagnose aktiviert, bis die erforderliche Schwelle erreicht ist. Forward-Regeln bewirken keine Aktivierung von Prozeduren; sie werden ausgewertet, sobald aus anderen Gründen (z.B. Verdachtsgenerierung) genügend viele Prozeduren abgearbeitet wurden. Das ist der übliche Mechanismus für Zwischendiagnosen.

### 3.2.10

### Reihenfolge der Diagnoseüberprüfung

Ein Arzt richtet sich bei der Reihenfolge der Diagnoseüberprüfung sowohl nach ihrer Wahrscheinlichkeit als auch ihren Konsequenzen. Verdächtige Diagnosen, die rasches Handeln erfordern, werden zuerst untersucht (z.B. Kreislaufschock). In MED1 ergibt sich die Reihenfolge unmittelbar aus der Agenda, es wird immer die ranghöchste Diagnose überprüft. Der Rang einer Diagnose hängt von ihrer Bewertungskategorie ab (vgl. 3.1 Überblick).

Um den Dringlichkeitsaspekt zu berücksichtigen, kann der Experte Diagnosen eine Priorität zuordnen (1,2,...), die bewirkt, daß die Diagnose in der Agenda einen entsprechend höheren Rang einnimmt, als ihrer Bewertungskategorie entspricht.

Beispiel1: Herzinfarkt hat Priorität 1. Deswegen wird er nach Auswertung der Übersichtsfragen vor Angina-pectoris behandelt. Nach der ersten Prozedur ist er wahrscheinlich (w5), wird aber wie eine höchstwahrscheinliche (w6) Diagnose behandelt; genießt also weiter Vorrang. Erst als er neutral wurde, wird die hochverdächtige Angina-Pectoris untersucht.

### 3.2.11

### Terminierung

Die Entscheidung, ob ein Patient weiter untersucht werden muß, hängt vor allem von der therapeutischen Relevanz der zu erwartenden Ergebnisse ab. Da MED1 als reines Diagnosesystem dies nicht berücksichtigen kann, müssen die Terminierungskriterien unbefriedigend bleiben. Deswegen hat der Benutzer die Möglichkeit, jederzeit die Sitzung abzubrechen bzw. fortzusetzen, falls das System eine Terminierung vorschlägt.

MED1 hat folgende Terminierungskriterien:

1. Die Agenda ist leer (dann ist natürlich keine Fortsetzung mehr möglich).
2. Eine Enddiagnose ist gesichert
3. Eine Enddiagnose ist höchstwahrscheinlich und keine andere Diagnose



oder technische Untersuchung besitzt in der Agenda eine Prioritätsklasse besser als neutral (vgl. Rangordnung der Agenda in 3.1). Grob- und Zwischendiagnosen spielen für die Terminierung keine Rolle. Als Ergebnis wird eine Übersicht über alle untersuchten Diagnosen ausgegeben. Im Beispiel<sup>1</sup> (s. Anm. 30 und 32) trifft das 3. Bewertungskriterium zu (der Refluxkrankheit wurde nicht mehr nachgegangen).



## 4. Bedienungsanleitung und Erklärungskomponente

### 4.1 Bedienung von MED1

Folgende Befehle sind nötig, um das System zu starten:

1. LOGON - Kommando
2. / do LISP: Laden des Lisp-Systems
3. (laden): Laden der notwendigen Dateien
4. (start): Start von MED1

Nach Beendigung eines Dialoges kann man mit (start) weitermachen oder mit

5. (exit)
6. / logoff

das System abschalten.

Die Eingabe erfolgt durch Eintippen des Kommandos und Abschicken mittels der 'Enter'-Taste (z.B. DU1).

An jeder Stelle des Dialoges kann sich der Benutzer durch Eintippen von H (= Help) eine kommentierte Kommandoliste zeigen lassen.

### 4.2 Erläuterungen im Dialog

Der Benutzer hat folgende Möglichkeiten, auf eine Frage zu reagieren (s. Beispiel Anm. 1):

SIE HABEN FOLGENDE MOEGlichkeiten:

EINGABE EINER ZAHL ALS ANTWORT

V = VERBESSERUNG EINER FRUEHEREN ANTWORT

- = ANTWORT UNBEKANNT

E = ERKLAERUNG ZUR FRAGE

S = EINSCHALTEN DER SCHNELLEN FRAGETECHNIK

L = AUSSCHALTEN DES LISTINGS VON DIAGNOSEN

K = ABSCHALTEN DES KOMMENTARS VON FACHAUSDRUECKEN

A = AUSFUEHRliche ANTWORTALTERNATIVEN

F = WIEDERHOLUNG DER FRAGE

H = HELP

W = WARUM-OPTION: HIER KOENNEN SIE FRAGEN UEBER DEN ZUSTAND DES SYSTEMS STELLEN

ZUR ERLAUEETERUNG NICHT KOMMENTIERTER FACHAUSDRUECKE DIE ERSTEN BUCHSTABEN (MINDESTENS 2) EINGEBEN

STOP = VORZEITIGER ABBRUCH

Erläuterungen:

V = Zum Herausfinden der zu verbessernden Fragennummer kann der Benutzer ein Protokoll aller bisher gestellten Fragen anfordern.

E = Erklärungen dienen der Präzisierung von Fragen; ihr Vorhandensein wird durch einen \* angezeigt (s. Beispiel Anm. 5).

S = Zur schnellen Beantwortung der Übersichtsfragen; die Antwortalternativen werden nicht ausgedruckt.

L = Unterdrückung der automatischen Erklärungen des Systems.

K = Die Kommentare sind nur für medizinische Laien gedacht. (s. Beispiel Anm. 6).

A = Es werden die ausführlichen Antwortalternativen, soweit vorhanden und durch \* angezeigt, ausgedruckt (s. Beispiel Anm. 10).



F = Falls die Frage (nach Eingabe anderer Kommandos) nicht mehr auf dem Bildschirm sichtbar ist.

W = siehe nächsten Abschnitt

Stop = sofortiger Abbruch; es werden die bis dahin gefundenen Ergebnisse ausgegeben.

Lexikon: nicht kommentierte Fachausdrücke können im Lexikon erfragt werden; dazu gibt man die Anfangsbuchstaben des Fachausdruckes an. Falls das Wort im Lexikon enthalten ist, wird eine Erklärung ausgedruckt (s. Beispiel Anm. 2).

Falls sich der Benutzer bei der Beantwortung einer Frage sehr unsicher ist, kann er die entsprechende Antwortalternative durch ein ? kennzeichnen. Im Beispiell Anm. 11 bedeutet 4 ? auf die Frage F15, daß die Schmerzverstärkung vielleicht seelische Aufregung ist.

Falls das System den Dialog beendet hat, weil eine Diagnose sehr wahrscheinlich ist, kann der Benutzer ihn fortsetzen, falls Hinweise auf andere Diagnosen noch nicht vollständig abgearbeitet sind.

#### 4.3 Erklärungskomponente

Die Warum-Option dient dazu, daß der Benutzer das Vorgehen des Systems nachvollziehen und verstehen kann.

Zusätzlich zu den Erklärungen während eines Dialoges kann der Benutzer sich am Ende der Sitzung alle Ergebnisse einschließlich einer Auflistung aller Symptome ausdrucken lassen.

##### 4.3.1 automatische Erklärungen

Nach Abarbeitung der Übersichtsfragen erscheint eine Liste von Verdachtsdiagnosen, die den ersten Eindruck des Systems widerspiegelt (s. Beispiel Anm. 12). Im weiteren Verlauf wird immer durch "Next:..." angezeigt, welche Diagnose gerade untersucht wird (s. Beispiel Anm. 12, 17). Für jede technische Untersuchung wird ausgedruckt, welche Diagnose(n) zu ihrer Indikation geführt hat (haben) (s. Beispiel Anm. 18). Zum Schluß des Dialoges erscheint eine vollständige Übersicht über die Ergebnisse (s. Beispiel Anm. 30).

##### 4.3.2 Erläuterung der Optionen

Nach Eingabe von W hat der Benutzer in der Warum-Option eine Reihe von Möglichkeiten.

Terminologie: Alpha ist der Oberbegriff für Diagnosen, Prozeduren, Fragen, technische Untersuchungen und Zwischenvariablen.

Bemerkung : Die Erklärungen sind möglichst knapp gehalten (sie sollten nie mehr Umfang als ein Bildschirm haben). Deswegen ist es gelegentlich notwendig, mehrere Kommandos einzugeben; dies kann auch direkt hintereinander geschehen.

DIE WICHTIGSTEN OPTIONEN SIND:

- 1 = BEGRÜNDUNG DER AKTUELLEN FRAGE
- 2 = AKTUELLER STAND DER AKTIVEN PROZEDUR
- 3 = PROTOKOLL
- 4 = KURZPROTOKOLL
- 5 = ANSTEHENDE STEUERSYSTEMINFORMATION



- 6 = UEBERSICHT UEBER GEPRUEFTE ZWISCHENDIAGNOSEN
- 7 = UEBERSICHT UEBER DIAGNOSEN
- 8 = AKTUELLER STAND DER AGENDA (GEORDNET NACH PRIORITAETEN)

<REGELNUMMER> = REGELTEXT  
 <ALPHANUMMER> = ALLE ALPHA-PROPERTIES  
 <ALPHANUMMER>.K = KONSTANTE ALPHA-PROPERTIES  
 <ALPHANUMMER>.D = DYNAMISCHE ALPHA-PROPERTIES  
 <ALPHANUMMER>.R = ABLEITUNGSREGELN FUER EIN ALPHA  
 <ALPHANUMMER>.B = BEGRUENDUNGEN VON BEWERTUNGEN  
 <DIAGNOSENUMMER>.V = BEGRUENDUNG DES DIAGNOSEVERDACHTES  
 <DIAGNOSENUMMER>.U = REGELN FUER DIAGNOSEVERDACHT  
 <ALPHANUMMER>.W = BEDEUTUNG EINER FRAGE ODER ZWISCHENVARIABLEN  
 <ALPHANUMMER>.W<ZAHL> = BEDEUTUNG DER ANWORTALTERNATIVE W<ZAHL> (Z.B W1)

Weiterhin gibt es das Kommando 'mutabo', mit dem die Knowledge-Acquisition-Komponente aufgerufen werden kann.

**Erläuterungen:**

- 1 = Die Begründung besteht aus der Verkettung von Regeln und Alphas, die von der gestellten Frage zur aktuellen Verdachtsdiagnose führt. (s. Beispiel Anm. 14).
- 2 = Der Stand der augenblicklich untersuchten Prozedur
- 3,4 = Protokolle (letztes Item steht am Anfang des Protokolles)
- 5 = Diese Liste enthält alle Informationen, die noch nicht in die Agenda eingearbeitet sind (dies geschieht erst im nächsten Steuersystemzyklus).
- 6 = Übersicht über abgearbeitete Grob- und Zwischendiagnosen
- 7 = Übersicht über Enddiagnosen und nicht abgeschlossene Grob- und Zwischendiagnosen (s. Beispiel Anm. 24).
- 8 = derzeitige Prioritätsliste (Agenda) (s. Beispiel Anm. 25).

Die übrigen Kommandos beziehen sich auf den Inhalt von Alphas und Regeln. Das Eintippen z.B. einer Regelnummer (s. Beispiel Anm. 28) wird mit dem Text der Regel beantwortet.

Bei Alphanummern gibt es eine Reihe von Properties, deren Bedeutung ich hier kurz erläutern will:

Ein Alpha besteht aus 3 verschiedenen Gruppen von Properties:

- 1. konstante Properties, die vom Experten eingegeben werden und sich während eines Dialoges nicht verändern (z.B. Fragetext, Antwortalternativen von Fragen).
- 2. dynamische Properties, die der Abspeicherung und Verarbeitung der Antworten des Benutzers im Dialog dienen (z.B. Antworten von Fragen oder Wahrscheinlichkeitskategorien von Diagnosen).
- 3. Regelproperties, die die Beziehungen der Alphas untereinander ausdrücken (z.B. für eine Frage: Liste aller Regeln, in deren Vorbedingung die Frage vorkommt).

Hier erläutere ich nur die für den Benutzer wichtigsten Properties (ausführliche Beschreibung siehe 5.2. Datenstruktur)

- 1. Am interessantesten für den Benutzer sind die Regelproperties:
  - <alphanummer>.b zum Beispiel d16.b (s. Beispiel Anm. 19, 20) liefert eine Liste aller Regeln, die zur derzeitigen Punktzahl von D16 (Herzinfarkt) etwas beigetragen haben.
  - <alphanummer>.r liefert eine Liste aller Regeln, die etwas zum Alpha



beitragen können (s. Beispiel Anm. 16); da das bei Diagnosen sehr viele sind, müssen sie prozedurweise angefordert werden (p16a.r p16b.r ...).

Mit <diagnosenummer>.u bzw .v kann man für eine Diagnose alle Verdachtsgenerierungsregeln bzw nur die, die tatsächlich gefeuert haben, bekommen (s. Beispiel Anm. 13).

<alphanummer>.w gibt eine Übersicht über alle Regeln, in denen dieses Alpha in der Vorbedingung vorkommt. Das Kommando zeigt somit die Bedeutung dieses Alphas. Statt W kann man auch eine Antwortalternative spezifizieren (z.B W1), dann wird nur ihre Bedeutung ausgedruckt (s. Beispiel Anm. 8 und 28).

## 2. Dynamische Properties von Fragen:

Wert: Antwort des Benutzers

Bekannt a) nil: Frage wurde nicht geprüft

b) false: Frage wurde geprüft, aber nicht an den Benutzer gestellt, da die Askfirst-Voraussetzung nicht erfüllt war.

c) unbekannt: Benutzer beantwortete die Frage mit - (unbekannt).

d) true: Benutzer hat Frage normal beantwortet

## 3. Dynamische Properties von Prozeduren und Zwischenvariablen

Wert: aktuelle Punktzahl

Bekannt: a) nil: nicht untersucht oder Untersuchung nicht abgeschlossen

b) false: Vorbedingung einer Prozedur (technische Untersuchung) ist nicht erfüllt

c) true: Endergebnis liegt vor, Untersuchung abgeschlossen

## 4. Konstante und dynamische Properties von Diagnosen (s. Bsp. Anm. 31)

konstante Properties:

Auswertung: Dieses Schema von 6 Zahlen (x1 x2 x3 x4 x5 x6) interpretiert die dynamische Property "Punkte" (P).

$P < x1 \Rightarrow \text{wert} = w1$  (ausgeschlossen)

$x1 \leq P < x2 \Rightarrow \text{wert} = w2$  (nahezu ausgeschlossen)

$x2 \leq P < x3 \Rightarrow \text{wert} = w3$  (unwahrscheinlich)

$x3 \leq P < x4 \Rightarrow \text{wert} = w4$  (neutral)

$x4 \leq P < x5 \Rightarrow \text{wert} = w5$  (wahrscheinlich)

$x5 \leq P < x6 \Rightarrow \text{wert} = w6$  (höchstwahrscheinlich)

$x6 \leq P \Rightarrow \text{wert} = w7$  (gesichert)

## Dynamische Properties:

Wert: derzeitige Bewertungskategorie

Punkte: aktuelle Punktzahl

Az: Aktivierungszahl (die Punkte der Verdachtsgenerierung) oder "fertig" = Diagnose vollständig untersucht.

Azklasse: Die zu Az gehörige Verdachtsklasse, die Umrechnung erfolgt gemäß dem Schema (100 200 300):

$Az < 100 \Rightarrow \text{Azklasse} = \text{nil}$

$100 \leq Az < 200 \Rightarrow \text{Azklasse} = \text{Az1}$  (möglich)

$200 \leq Az < 300 \Rightarrow \text{Azklasse} = \text{Az2}$  (interessant)

$300 \leq Az \Rightarrow \text{Azklasse} = \text{Az3}$  (sehr interessant)

## 5. dynamische Properties von technischen Untersuchungen



Az: Aktivierungszahl der technischen Untersuchung oder  
"true" = ausgeführt oder "false" = nicht durchführbar.  
Azklasse: die zu Az gehörige Indikationsklasse, das Umrechnungsschema (50 100 200) wird wie bei den Diagnosen interpretiert.



## 5.

## Knowledge-Acquisition-Komponente

### 5.1.

### Überblick

Diese Knowledge-Acquisitions-Komponente ist für den Experten ein Werkzeug, sein Wissen dem System möglichst einfach, schnell und fehlerfrei mitzuteilen und später Änderungen vornehmen zu können. Sie unterstützt dagegen nicht die Formalisierung des Wissens wie etwa TEIRESIAS (Dav 78). Vor der Eingabe am Terminal sollte der Experte seine Diagnosedaten auf dem Papier fertig haben.

MED1 befindet sich in ständiger Entwicklung. Deswegen mußte ein Kompromiß zwischen einer vollständigen Korrektheitsüberprüfung der eingegebenen Daten und der daraus resultierenden Starrheit des Systems gefunden werden. Obwohl die meisten (insbesondere schwerwiegende) Fehler abgefangen werden, kann es sein, daß manche Fehler sich erst bei einer aktuellen Sitzung bemerkbar machen. Das wesentliche Hilfsmittel zu deren Lokalisierung ist die Erklärungskomponente, in der man alle Sorten von Properties (s.u.) abfragen kann.

#### 5.1.1.

#### Strategie

Es hat sich folgende Strategie bewährt:

1. Rahmen abstecken
2. Für jede Diagnose ein Symptomprofil erstellen
3. Fragen formulieren
4. Das Symptomprofil durch Regeln präzisieren
5. Regeln (und evtl. Fragen) zur Verdachtsgenerierung hinzufügen
6. Steuerdaten ergänzen

Insbesondere die Erstellung von Symptomprofilen für die Diagnosen vor der konkreten Ausformulierung von Fragen und Regeln ist nützlich. Da sich Regeln auf Alphas beziehen, müssen Letztere zuerst eingegeben werden. Beim Austesten des Systems kann der Experte während einer laufenden Sitzung in den Knowledge-Acquisition-Modus gehen, Änderungen (z.B. von Punktbewertungen in Regeln) vornehmen und deren Auswirkungen unmittelbar beobachten.

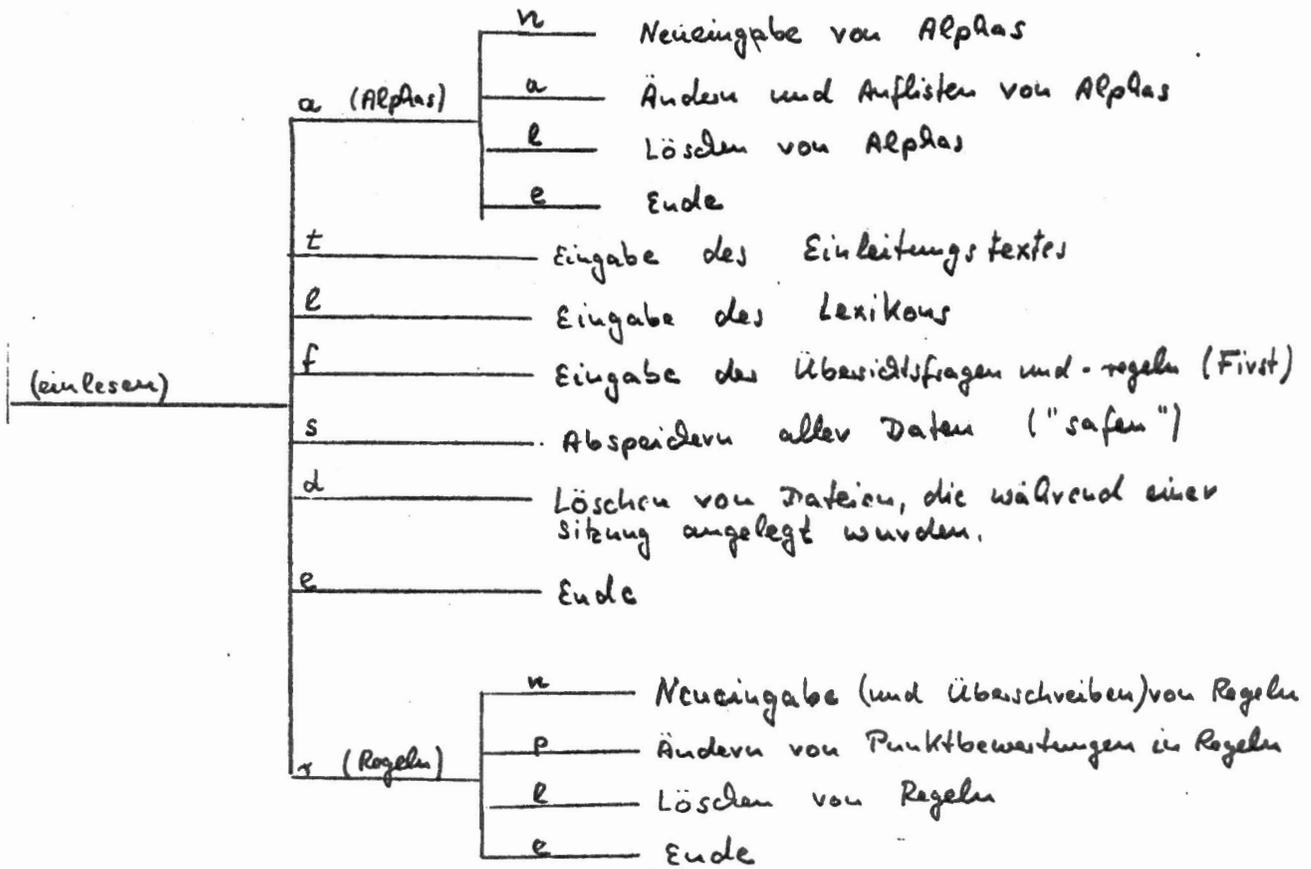
Terminologie: Alpha ist der Oberbegriff für Fragen, Zwischenvariablen, Prozeduren, Technische Untersuchungen und Diagnosen.



5.1.2.

Steuerung

Die Knowledge-Acquisitions-Komponente wird mit der Funktion (einlesen) aufgerufen. Um dem System mitzuteilen, was man eingeben will, muß man zunächst einen Kommandobaum durchlaufen:



Kommando baum

Fig. 4

Auf jeder Ebene antwortet das System mit einer Liste der zur Verfügung stehenden Kommandos (Menutechnik). Wenn man sich auskennt, kann man auch beliebig viele Befehle hintereinander eingeben. Falls ein syntaktischer Fehler vom System erkannt wurde, erscheint eine entsprechende Fehlermeldung und die Liste der nicht mehr ausgeführten Kommandos. Das Kommando e (= Ende) bewirkt jeweils ein Zurückspringen auf die nächsthöhere Ebene.



## 5.2. Datenstruktur und Eingabeformate

### 5.2.1. Übersicht

Es gibt in MED1 hauptsächlich 6 verschiedene Datentypen: Fragen, Zwischenvariablen, Prozeduren, Diagnosen, technische Untersuchungen und Regeln. Zur eindeutigen Kennzeichnung erhält jedes Individuum eine Nummer, die aus einem Buchstaben und einer Zahl besteht: der Buchstabe kennzeichnet den Datentyp (F Z P D T R), die Zahl ist beliebig (Ausnahmen von diesem Schema siehe Prozeduren (5.2.2.4) und rekursive Regeln (5.2.3.3)). Beispiele: F1 R20.

Jeder Datentyp ist durch seine Properties gekennzeichnet.

Ich werde zunächst eine tabellarische Übersicht über die Properties geben, um dann im Detail deren Bedeutung und Eingabeformalitäten zu beschreiben.

Es gibt drei verschiedene Sorten von Properties:

1. konstante, direkt durch den Experten eingegebene Properties (z.B. Fragetext, Antwortalternativen).
2. konstante, indirekt eingegebene Properties, die Verweise von den Alphas auf Regeln enthalten, so daß jedes Alpha "weiß", in welchen Regeln es vorkommt.  
Der Experte gibt nur die Regeln ein, die Verweise generiert das System automatisch.
3. dynamische Properties, deren Wert erst während einer Sitzung berechnet wird (z.B. Punktzahl einer Diagnose).

Die konstanten Properties enthalten das allgemein-medizinische, die dynamischen das patientenspezifische Wissen.

Die erste Spalte sind direkte, konstante; die zweite Spalte indirekte, konstante und die dritte Spalte dynamische Properties:

#### Prozeduren

1. Name	1. Aktionsregeln	1. Wert
2. Vorbedingung		2. Bekannt
3. Diagpunkte		3. Benutzer

#### Diagnosen

1. Name	1. Aktionsregeln	1. Punkte
2. Procfolge	2. Rekursionsregeln	2. Wert
3. Auswertung	3. Specregeln	3. Werts
4. Priorität	4. Conditionsregeln	4. Az
5. Nachfolger		5. Azklasse
6. Vorgänger		6. Zutun
7. Seiteneffekt		7. Bekannt
8. Sonstprocs		8. Waiting
		9. Ahne



## Technische Untersuchungen

1. Name	1. Aktionsregeln	1. Wert
2. Aufwand	2. Specregeln	2. Bekannt
3. Possible		3. Az
4. Kontras		4. Azklasse
		5. Waiting
		6. Waiting1

### Fragen

1. Name	1. Doactions	1. Wert
2. Prompt1	2. Conditionsregeln	2. Bekannt
3. Numerisch		
4. Wertebereich		
5. Erklärung		
6. Weiterfragen		
7. Askfirst		

### Zwischenvariablen

1. Name	1. Doactions	1. Wert
2. Wertebereich	2. Aktionsregeln	2. Bekannt
3. Numerisch	3. Conditionsregeln	

### Regeln

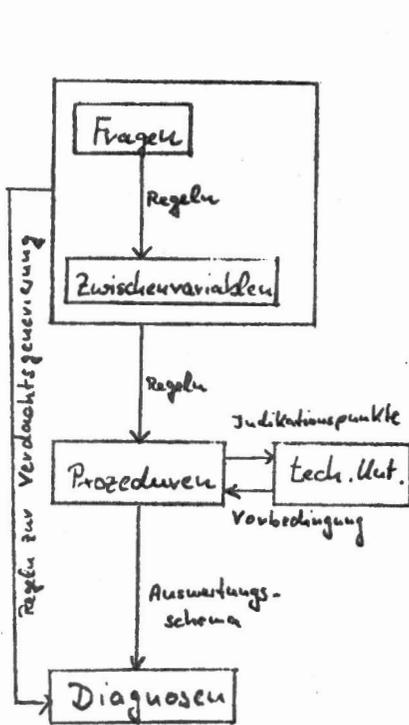
1. Condition	1. Bekannt
2. Actions	

Die indirekten Properties eines Alphas haben folgende Bedeutung (Ausnahme technische Untersuchungen siehe 5.2.2.5):

1. Conditionsregeln: Regeln in denen das Alpha in der Condition (Vorbedingung) vorkommt.
2. Doactions: sehr häufiger Spezialfall der Conditionsregeln, wo die Condition sich nur auf dieses Alpha bezieht ("einfache Regeln").
3. Aktionsregeln: Regeln, in denen das Alpha in den Actions (Nachbedingung) vorkommt.
4. Specregeln: Regeln, die zur Verdachtsgenerierung des Alphas dienen.
5. Rekursionsregeln: Regeln in denen das Alpha sowohl in der Vor- als auch Nachbedingung vorkommt.

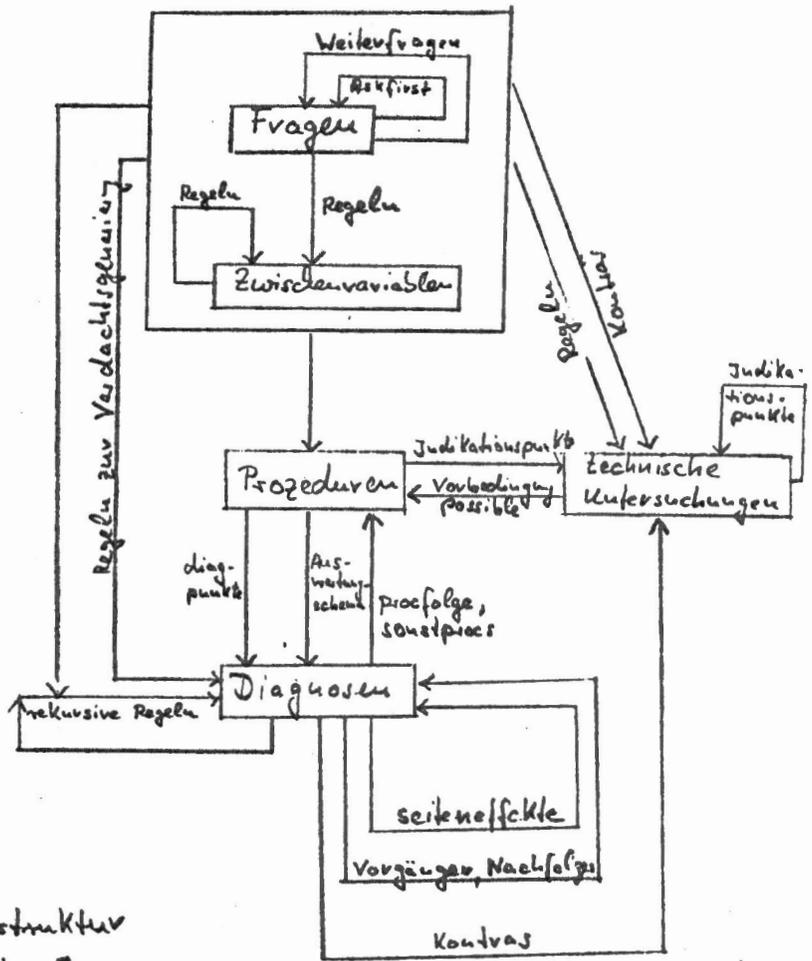


Die Vernetzung der Daten in MED1 deutet der Strukturgraph an:  
 Die Knoten sind Alphas, die Kanten vor allem Regeln, aber auch verschiedene Alpha-Properties wie  
 Auswertungsschema, Vorgänger, Nachfolger, Seiteneffekte, Procfolge von  
 Diagnosen;  
 Weiterfragen und Askfirst von Fragen;  
 Kontras, Possible (Prozeduren), von technischen Untersuchungen;  
 Vorbedingungen von Prozeduren.



Kernstruktur  
 Fig 5.1.

Datenstruktur  
 Fig. 5



vollständiger Strukturgraph  
 Fig 5.2.



## 5.2.2.

## Alphas

### 5.2.2.1.

### allgemeine Konventionen

Die direkt einzugebenden Properties spalten sich in notwendige und optionale auf. Zu den notwendigen gehören für alle Alphas der Name, für die anderen Properties werde ich den Typ jeweils angeben. Das System erfragt sich für das jeweilige Alpha nacheinander die Properties. Falls eine optionale Property nicht gebraucht wird (z.B. Erklärung zu einer Frage), gibt man dies durch einen - ein.

Die Beschreibung der Alphas besteht also aus:

1. Bedeutung und Format der notwendigen Properties
2. Bedeutung und Format der optionalen Properties
3. Bedeutung der dynamischen Properties

Während einer Sitzung kann der Benutzer sich den aktuellen Zustand aller Properties in der Warum-Option erfragen (s. Beispiel Anm. 31 und Kap. 4.3).

Ich benutze folgende Formate, die weitgehend den Datentypen in LISP entsprechen:

- Atom: Wörter aus Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen, die kein Blank (Leerzeichen) enthalten dürfen (z.B. F1, akut.erstmalig Angina-Pectoris etc.)
- String: durch Hochkommas eingeschlossener Text (z.B. "dies ist ein String").
- Zahl: z.B. 200, 20.6
- Bool: Nil oder True
- Liste: durch Klammern eingeschlossene Elemente (z.B. Liste von Zahlen: (-90 -40 -20 20 60 150) oder Liste von Strings ("string1" "string2") oder gemischt (akut.rezidivierend (wiederkehrend))
- Intervall: Liste aus 2 Zahlen z.B. (10 100),  
statt (10 10) kann man auch (= 10) schreiben.

### 5.2.2.2.

### Fragen

notwendige Properties:

1. Name

2. Prompt1 (Fragetext):

Format: Liste von Strings

Beispiel: ("Welchem Verlaufstyp entsprechen ihre Schmerzen am ehesten?")

Erläuterung: Jeder durch Hochkommata eingeschlossene String wird auf dem Bildschirm als eine Zeile ausgegeben.

3. Numerisch:

Format: Bool

Beispiel: - (bedeutet nil)

Erläuterung: Das Bool dient zur Unterscheidung zwischen quantitativen (true) und qualitativen Fragen (nil) (vgl. 3.2.5 Fragestrategie). Fragen müssen qualitativ sein, wenn mehr als eine Antwort möglich ist, sonst erlauben quantitative Fragen gelegentlich eine einfachere Formulierung der Regeln.



#### 4. Wertebereich:

Format: a) quantitative Frage: nil, Intervall oder wie bei qualitativen Fragen.

b) qualitative Frage: Jede Antwortalternative besteht aus einer Liste von maximal 3 Elementen (Atom, Liste von Atomen, Liste von Strings). Die beiden letzten Elemente kann man weglassen.

#### Beispiel & Erläuterung:

a) bei quantitativen Fragen kann man die Unter- und Obergrenze einer sinnvollen Antwort angeben z.B. Frage nach Alter (10 100) oder die Abstufungen verbalisieren z.B. Frage nach Schmerzintensität: 1 = maximal, 2 = stark, 3 = erträglich, 4 = geringfügig. Im letzteren Fall ist das Eingabeformat identisch mit qualitativen Fragen.

b) die 3 Elemente einer Antwortalternative bedeuten: Kurzcharakterisierung, Kommentar und Präzisierung. Wenn die Frage gestellt wird, erscheint als Antwortalternative zunächst nur die Kurzcharakterisierung. Falls der Benutzer den Kommentar eingeschaltet hat, wird auch das 2. Element ausgedruckt. Das Vorhandensein der Präzisierung wird dem Benutzer durch einen \* angezeigt und nur auf besonderen Wunsch ausgegeben (vgl. 3.2.5. Benutzerservice und 4.2 Erläuterung). Will der Experte nur Kurzcharakterisierung und Präzisierung angeben, so tippt er für den Kommentar einen - ein.

#### optionale Properties:

#### 5. Erklärung:

Format und Beispiel: siehe prompt1 (Fragetext)

Erläuterung: Das Vorhandensein einer Erklärung wird dem Benutzer durch einen \* vor der Frage angezeigt und nur auf besonderen Wunsch ausgedruckt (vgl. 3.2.5 und 4.2).

#### 6. Askfirst:

Format: condition wie bei normalen Regeln

Beispiel: ((f59 w2) oder (f59 w3)) ist Askfirst von Frage F60

Erläuterung: Die Askfirst-Bedingung muß erfüllt sein, damit die Frage gestellt werden kann. Falls das Askfirst auf Fragen Bezug nimmt, die der Benutzer noch nicht beantwortet hat, werden diese zuerst gestellt.

Bemerkung: Zu den Conditionsregeln von F59 gehört auch F60, da F59 eine Vorbedingung von F60 ist.

#### 7. Weiterfragen:

Format: Liste von Listen. Eine Unterliste hat das Format (Bedingung Frage1 Frage2 ...)

Beispiel: ((w2 f60 f61 f62 f63) (w3 f60 f61 f62 f63))

Erläuterung: Falls der Benutzer im Dialog bei F59 die Antwortalternative w2 eingibt, folgen unmittelbar die Fragen f60 bis f63.

Bemerkung: Bei quantitativen Fragen ist die Bedingung ein Intervall z.B. (1 3) oder (= 3)

#### dynamische Properties:



1. Wert: Abspeicherung der Antwort des Benutzers während einer Sitzung. Dies geschieht als Doppelliste: der erste Teil speichert die sicheren, der zweite die fraglichen Benutzerantworten ab.
2. Bekannt: nil, falls die Frage nicht untersucht ist  
false, falls die Askfirstcondition der Frage zu 'falsch' ausgewertet wurde.  
unbekannt, falls der Benutzer sie mit 'unbekannt' beantwortet hat.  
true, falls der Benutzer sie normal beantwortet hat.

### 5.2.2.3 Zwischenvariablen

Die Zwischenvariablen ermöglichen dem Experten (vgl. 3.2.8 Strukturierung der Diagnoseprüfung);

- a) viele Einzelsymptome zu komplexen Symptomen zusammenfassen.
- b) die nichtlineare Wechselwirkung einer Gruppe von Symptomen im Hinblick auf eine Diagnose zu berücksichtigen (vgl. 3.2.6.3 Umgang mit Unsicherheiten).
- c) arithmetische Operationen (Addition, Subtraktion, Division, Multiplikation) durchzuführen.

notwendige Properties:

#### 1. Name

#### 2. Numerisch:

Format: Bool

Beispiel: t (true)

Erläuterung: Meistens ist der Wertebereich quantitativ, andernfalls müssen Regeln vom Typ ergänze benutzt werden.

#### 3. Wertebereich:

Format & Beispiel: wie bei Fragen

Erläuterung: Um die Bedeutung einer Zwischenvariable besser verstehen zu können, ist es günstig, zwei Zwischenvariablen zu benutzen; die erste zum Addieren von Punkten, die zweite zur Interpretation der Punktsumme (s. Bsp. Anm. 15, 23).

dynamische Properties:

1. Wert: Punktzahl oder bei qualitativem Wertebereich wnummer (w1).

2. Bekannt: nil oder true

### 5.2.2.4 Prozeduren

Für die Nummern von Prozeduren gelten besondere Konventionen:

Bsp: Prozeduren von D15: P15a P15t17 P15t1 P15t2

- Die Zahl der Prozedurnummer muß mit der Zahl der zugehörigen Diagnosenummer übereinstimmen.
- Zur Unterscheidung der verschiedenen Prozeduren werden Buchstaben benutzt (a b c ...). Falls die Prozedur eine technische Untersuchung



auswertet, so muß die Nummer der technischen Untersuchung an die Prozedurnummer angehängt werden.

notwendige Properties:

1. Name

optionale Properties:

2. Vorbedingung

Format: Liste von 4 Elementen; 1. Element = Nummer einer technischen Untersuchung, 2. bis 4. Element drei Zahlen

Beispiel: für P15t1: (t1 250 250 250)

Erläuterung: Die Durchführung der angegebenen technischen Untersuchung ist Vorbedingung für die Aktivierung der Prozedur. Falls das noch nicht geschehen ist, werden für die technische Untersuchung Indikationspunkte in Abhängigkeit der aktuellen Wahrscheinlichkeit der Diagnose vergeben:  
Diagnose neutral => 1. Zahl  
Diagnose wahrscheinlich => 2. Zahl  
Diagnose höchstwahrscheinlich => 3. Zahl  
sonst => 0 Punkte

3. Diagpunkte

Format: Zahl

Erläuterung: Schlußfolgerungen aus einer Diagnose (3.2.9) dürfen erst dann gezogen werden, wenn das Punktekonto der Diagnose (dynamische Property 'bekannt') mindesten 100 Punkte beträgt. Jede ausgeführte Prozedur addiert ihre Diagpunkte auf dieses Konto.

dynamische Properties:

1. Wert

Format: Zahl

Erläuterung: aktueller Punktestand der Prozedur

2. Bekannt

Format: (nil false true)

Erläuterung: nil <=> Prozedur wurde nicht untersucht  
false <=> Vorbedingung der Prozedur ist nicht erfüllt, die technische Untersuchung ist nicht durchführbar.  
true <=> Ergebnis der Prozedur ist bekannt

3. benutzer(induziert)

Format: bool

Erläuterung: true <=> Der Benutzer hat die Durchführung der Prozedur veranlaßt. Bei jeder technischen Untersuchung kommt die Frage: Worauf soll sie zusätzlich ausgewertet werden? Antwortet der Benutzer mit der Angabe von weiteren Diagnosen, so sind die entsprechenden Prozeduren benutzer-induziert.



### 5.2.2.5.

### technische Untersuchungen

Technische Untersuchungen sind Vorbedingungen für Prozeduren.

notwendige Properties:

#### 1. Name

#### 2. Aufwand

Format: Zahl

Beispiel: -30

Erläuterung: Diese (negative) Zahl gibt an, wie aufwendig bzw. risikoreich sie ist (0 bedeutet kein besonderer Aufwand).

#### 3. Possible

Format: Liste von Prozedurnamen

Beispiel: für T2: (P8t2 P15t2)

Erläuterung: Diese Liste enthält alle Prozeduren, die die technische Untersuchung auswerten können. Sie wird dazu benutzt, den Benutzer zu fragen, worauf er die technische Untersuchung zusätzlich ausgewertet haben will (s. Property benutzer von Prozeduren).

optionale Properties:

#### 4. Kontras

Format: Condition wie bei normalen Regeln

Beispiel: für T2 (Belastungs-EKG): ((d16 4 7))

Erläuterung: Wenn diese Condition zu 'wahr' ausgewertet wird, darf die technische Untersuchung nicht ausgeführt werden (z.B. D16-Herzinfarkt von neutral bis gesichert).

Bemerkung: Die Kontras sind eine absolute Aussage über die Durchführbarkeit von technischen Untersuchungen, während die Indikationspunktzahl nur eine relative Aussage ist (categorical and probabilistic reasoning).

indirekte Properties (vgl Hinweis in 5.2.1)

#### 1. Aktionsregeln

Erläuterung: Sie sind eine Ergänzung der Property Aufwand. Sie berechnen das patientenspezifische Risiko.

#### 2. Specregeln

Erläuterung: Die Specregeln schaffen die Möglichkeit, von dem Ausgang einer technischen Untersuchung unmittelbar die Aktivierung einer anderen zu steuern.

dynamische Properties:

#### 1. Wert:

Format: Zahl

Erläuterung: Ergebnis der Auswertung der Aktionsregeln

#### 2. Bekannt:

Format: nil oder true

Erläuterung: true  $\Leftrightarrow$  Auswertung der Aktionsregeln ist abgeschlossen.



3. Az:

Format: Zahl, nil, true oder false

Erläuterung: Aktuelle Indikationspunktzahl

nil  $\Leftrightarrow$  technische Untersuchung wurde bisher nicht indiziert.

false  $\Leftrightarrow$  technische Untersuchung ist nicht durchführbar

true  $\Leftrightarrow$  technische Untersuchung ist durchgeführt

4. Azklasse:

Format: (nil Az1 Az2 Az3)

Erläuterung: Die der Indikationspunktzahl entsprechende Klasse

Az < 50  $\Rightarrow$  nil

50  $\leq$  Az < 100  $\Rightarrow$  Az1

100  $\leq$  Az < 200  $\Rightarrow$  Az2

200  $\leq$  Az  $\Rightarrow$  Az3

5. Waiting:

Format: Liste von Prozeduren

Erläuterung: Diese Prozeduren warten auf die Ausführung der technischen Untersuchung.

6. Waiting1:

Format: Liste von Prozeduren

Erläuterung: Diese Prozeduren wurden vom Benutzer induziert.

5.2.2.6. Diagnosen

notwendige Properties:

1. Name

2. Procfolge:

Format: Liste von Prozeduren

Beispiel: (P15a P15t17 P15t1 P15t2)

Erläuterung: Procfolge ist die normale Reihenfolge der Abarbeitung der Prozeduren. Bei jeder Aktivierung der Diagnose wird die nächste noch nicht bearbeitete Prozedur aufgerufen (s. auch sonstprocs und zutun).

3. Auswertung:

Format: Liste von 6 Zahlen

Beispiel: (-90 -40 -20 20 60 150)

Erläuterung: Mit diesem Schema wird die Punktzahl P der Diagnose in eine Wahrscheinlichkeitskategorie umgerechnet. Die Punktzahl 0 sollte immer neutral bedeuten.

ausgeschlossen	$\Leftrightarrow$	P < x1
nahezu ausgeschlossen	$\Leftrightarrow$	x1 $\leq$ P < x2
unwahrscheinlich	$\Leftrightarrow$	x2 $\leq$ P < x3
neutral	$\Leftrightarrow$	x3 $\leq$ P < x4
wahrscheinlich	$\Leftrightarrow$	x4 $\leq$ P < x5
höchstwahrscheinlich	$\Leftrightarrow$	x5 $\leq$ P < x6
gesichert	$\Leftrightarrow$	x6 $\leq$ P

optionale Properties:

4. Priorität: (vgl 3.2.10)



Format: Zahl

Beispiel: 0 1 oder 2

Erläuterung: Die Priorität bewirkt eine bevorzugte Behandlung der Diagnose:

1. Nach Auswertung der Übersichtsfragen werden die Diagnosen innerhalb einer Klasse nach Priorität geordnet.
2. In der Agenda wird die Diagnose höher eingestuft als ihrer Wahrscheinlichkeitskategorie entspricht. Bsp: die Priorität 1 bewirkt, daß eine wahrscheinliche Diagnose (W5) wie eine höchstwahrscheinliche ( $W6 = W5 + 1$ ) behandelt wird.

#### 5. Nachfolger: (vgl 3.2.8)

##### a) für Grobdiagnosen

Format: Liste von Diagnosen

Beispiel: für D14 [Ösophaguspassagestörung]: (D17 D18)  
[Ösophaguscarcinom und Achalasie]

Erläuterung: Die Nachfolgerdiagnosen einer Grobdiagnose werden untersucht, wenn alle Prozeduren der Grobdiagnose abgearbeitet sind. Sie übernehmen die Punktzahl der Grobdiagnose.

##### b) für Zwischendiagnosen:

Format: bool

Beispiel: [D20 Schock] true

Erläuterung: Der Sinn von Zwischendiagnosen besteht in den Seiteneffekten, die ihre Auswirkungen auf andere Diagnosen ausdrücken. Bei den Terminierungskriterien werden Zwischendiagnosen nicht berücksichtigt.

#### 6. Vorgänger (vgl. 3.2.8)

Format: Diagnosenummer

Beispiel: (von D17) D14

Erläuterung: Vorgänger ist die inverse Relation zu Nachfolger. Falls eine Nachfolgerdiagnose direkt aktiviert wird, wird die Untersuchung der Vorgänger-Diagnose nachgeholt.

#### 7. Seiteneffekt:

Format: Liste von Regeln

Beispiel: [für Schock-D20] (R400 R401)

Erläuterung: Sobald die dynamische Property 'bekannt' der Diagnose true ist (Punktekonto über 99), werden die Regeln evaluiert, die Schlußfolgerungen aus der Diagnose ziehen. Bsp: (R400 und R401)

Wenn Kreislaufschock von wahrscheinlich bis gesichert dann addiere für Herzinfarkt 40 Punkte.

Wenn Kreislaufschock von wahrscheinlich bis gesichert dann addiere für Lungenembolie 40 Punkte.

#### 8. Sonstprocs:

Format: Liste von Prozeduren

Beispiel: (P15t15 P15t16)

Erläuterung: Diese Prozeduren werden bei der normalen Untersuchung einer Diagnose nicht aktiviert. Sie werten technische Untersuchungen aus, die aus anderen Gründen gemacht wurden, und können deswegen nur vom Benutzer indiziert werden. Bsp: Die Enzymuntersuchungen CK (T15) und GOT



(T16) sind bei Verdacht auf Herzinfarkt indiziert, wenn man sie allerdings gemacht hat, kann man sie auch auf Angina-Pectoris (D15) auswerten (s. Beispiel Anm. 27).

#### dynamische Properties:

1. Punkte:

Format: Zahl

Erläuterung: Die Punkte sind die Grundlage der Diagnosebewertung

2. Wert:

Format: (W1, W2, ... , W7)

Erläuterung: Die Wahrscheinlichkeitskategorie (ausgeschlossen bis gesichert) berechnet sich aus den Properties Punkte und Auswertung.

3. Werts:

Format: (W1, W2, ... , W7)

Erläuterung: Werts bedeutet Steuersystemwert (Wert der Diagnose in der Agenda). Wert und Werts können kurzfristig unterschiedlich sein, da die Agenda erst bei Abschluß eines Steuer-systemzyklus auf den neuesten Stand gebracht wird.

4. Az:

Format: Zahl oder fertig

Erläuterung: Punktzahl der Verdachtsgenerierung

Az = fertig  $\Leftrightarrow$  Diagnose wurde vollständig untersucht

5. Azklasse: (s 3.1)

Format: (nil, Az1, Az2, Az3)

Erläuterung: Die zu Az gehörige Verdachtsklasse, die Umrechnung erfolgt gemäß dem Schema (100 200 300)

Az < 100	=> nil
100 ≤ Az < 200	=> Az1 (möglich)
200 ≤ Az < 300	=> Az2 (interessant)
300 ≤ Az	=> Az3 (sehr interessant)

6. Zutun:

Format: Liste von Prozeduren

Erläuterung: Zum Anfang ist Zutun = Procfolge. Die jeweils erste Prozedur der Liste wird als nächstes untersucht und danach aus der Liste entfernt.

Ein Abweichen von diesem Schema ist möglich, wenn z.B. der Benutzer eine technische Untersuchung auf eine noch nicht untersuchte Diagnose auswerten will.

7. Bekannt:

Format: Zahl oder true

Erläuterung: Nach ihrer Abarbeitung addiert jede Prozedur ihre Diagpunkte auf bekannt. Sobald die Punktzahl 100 erreicht hat, dürfen aus der Diagnose Schlußfolgerungen gezogen werden, insbesondere werden die Regeln der Property Seiteneffekt evaluiert.



## 8. Waiting:

Format: Bool

Erläuterung: true, falls eine Prozedur der Diagnose auf eine technische Untersuchung wartet.

In diesem Fall kann die Diagnose solange nicht aktiviert werden, bis die technische Untersuchung durchgeführt wurde oder bis feststeht, daß sie nicht durchgeführt werden kann.

## 9. Ahne:

Format: nil oder Diagnose (Vorgänger)

Erläuterung: Verweis auf die Grobdiagnose, falls eine Feindiagnose vorzeitig aktiviert wurde.

### 5.2.3

#### Regeln

#### 5.2.3.1

#### Typen von Regeln

Jede Regel besteht aus einer Vorbedingung (Condition) und beliebig vielen Nachbedingungen (Actions) (s. 3.2.1 Struktur der Regeln). Zur leichten Identifizierung besitzen sie meist eine Regelnummer. Sie unterscheiden sich hinsichtlich:

1. Aktivierung: Forward oder Backward (vgl 3.2.2). Backward-Regeln werden evaluiert, wenn das System etwas über ihre Nachbedingung wissen will; Forward-Regeln feuern sobald ihre Vorbedingung zu wahr (oder vielleicht) ausgewertet wurde. Insbesondere sind alle Regeln zur Verdachtsgenerierung Forward-Regeln.

2. Condition: Die Vorbedingung ist eine aussagenlogische Verknüpfung mit den Konnektoren 'und', 'oder' und 'non' (Negation) in disjunktiver Normalform z.B. ((a und b) oder (a und non c) oder (a und g und e)). Ein besonderer Regeltyp sind die "rekursiven Regeln", wo in Condition und Actions auf dieselbe Diagnose Bezug genommen wird (vgl 3.2.6.3).

3. Actions: Die meisten Regeln addieren eine Punktzahl auf das Konto eines Alphas. Außerdem kann man mit Regeln auch arithmetische Operationen ausführen, z.B ergibt sich die Blutdruckamplitude aus der Differenz von systolischem und diastolischem Blutdruck. Ein weiterer Regeltyp dient der Behandlung von qualitativen Zwischenvariablen.

4. Einfachheit: Der am häufigsten vorkommende Regeltyp ist sehr einfach gebaut:

Wenn (Fx Wx) dann <actions>

Wenn die Vorbedingung nur aus einer einfachen Aussage (ohne Negation) besteht, dann vereinfacht sich die Regeleingabe, insbesondere wird eine Regelnummer überflüssig.



### 5.2.3.2

### Regelformat

Ich gebe die Synthax in Backus-Naur-Form an. In <eckigen Klammern> stehende Wörter müssen weiter aufgelöst werden. Bitte auf runde Klammern achten. | bedeutet Alternative

```

<regel> ::= "regelnummer" <normale regel> |
          "regelnummer" <rekursive regel> |
          <einfache regel>
<normale regel> ::= (<condition>) (<actions>)
<condition> ::= <konjunktion> | <condition> oder <konjunktion>
<konjunktion> ::= (<aussage>) | <konjunktion> (<aussage>)
<aussage> ::= "diagnose" <quantitt> | <symptom> <quantität> |
            <symptom> <qualität>
<symptom> ::= "frage" | "zwischenvariable"
<qualität> ::= "wert" | non "wert"
<intervall> ::= "zahl" "zahl"
<quantität> ::= <intervall> | = "zahl"
<actions> ::= (<action>) | <actions> (<action>) | "regelnummer"
<action> ::= add "prozedur" "zahl" |
            add "zwischenvariable" "zahl" |
            add "technische Untersuchung" "zahl" |
            cadd "zwischenvariable" <formel> |
            spec "diagnose" "zahl" |
            spec "technische Untersuchung" "zahl" |
            fadd "diagnose" "zahl" |
            ergaenze "zwischenvariable" "wert" |
<formel> ::= (<operator> <operand> <operand>)
<operator> ::= plus | sub | mult | div
<operand> ::= "zahl" | <symptom>
<einfache Regel> ::= (<simple aussage>) (<actions>)
<simple aussage> ::= <symptom> "wert" | <symptom> <quantität>
<rekursive Regel> ::= (<rekcondition>) (<rekaction>)
<rekcondition> ::= "zahl" <condition>
<rekaction> ::= (add "diagnose" "zahl")
  
```

### 5.2.2.3

### Erläuterung

Der Unterschied zwischen einfachen, normalen und rekursiven Regeln drückt sich bereits in der Regelnummer aus: einfache Regeln haben keine; bei normalen Regeln beginnt sie mit einem R; bei rekursiven Regeln mit RR. Der restliche Teil der Regelnummer ist eine Zahl (z.B. R35 RR87).

Quantitative und qualitative Symptome (Fragen oder Zwischenvariablen) unterscheiden sich in der Condition: bei qualitativen Fragen bezieht man sich auf eine Antwortalternative (Wert) durch W<Nummer der Antwortalternative> z.B. (F1 W1), bei quantitativen gibt man ein Intervall ein. Bsp: (F1 1 3) ließe sich auch schreiben als ((F1 = 1) oder (F1 = 2) oder (F1 = 3)).

Ansonsten ist die Information über den Regeltyp in dem Schlüsselwort der Action enthalten.

1. Forward-Regeln:

1a) spec : Verdachtsgenerierung



### 1b) fadd : Verdachtsüberprüfung

Die Evaluierung der Forward-Regeln soll erfolgen, sobald die Vorbedingungen bekannt sind. Bei einfachen Regeln geschieht dies unmittelbar, nachdem die entsprechende Frage beantwortet wurde. Komplizierter ist es bei normalen Regeln, deren Vorbedingung eine Verknüpfung von Aussagen ist. Im Anschluß an jede Frage in einer Aussage muß getestet werden, ob die Vorbedingung evaluiert werden kann. Diese Information muß dem System explizit eingegeben werden:

Am häufigsten wurden bei uns normale Forward-Regeln zur Auswertung der Übersichtsfragen benutzt. Dazu gibt der Experte die Liste aller dieser Regeln (zusammen mit den Übersichtsfragen) ein (s. Kap. 5.4.1).

Ansonsten muß die Regelnummer einer Forward-Regel an jede der Fragen bzw. Diagnosen angebunden werden, die in ihrer Vorbedingung vorkommt. Bei Diagnosen dient dazu die Property Seiteneffekte, bei Fragen geschieht dies mit speziellen sehr einfachen Regeln.

Beispiel: R1 ((f1 w1) (f2 w1)) ((fadd d15 10)) muß zweimal angebunden werden: (f1 w1) r1

(f2 w1) r1

oder R2 (d20 5 7) ((fadd d16 40)) wird als Seiteneffekt notiert:

Seiteneffekt von d20 = (R400)

Beim Löschen von Forward-Regeln werden diese Bindungen nicht automatisch eliminiert, sondern dies muß per Hand geschehen.

Bemerkung: Dieses umständliche Verfahren der Forward-Regel-Eingabe ist bisher nur deswegen nicht automatisiert worden, weil bei uns die meisten Forward-Regeln einfach sind oder zu den Übersichtsregeln gehören.

### 2. Backward-Regeln:

Backward-Regeln nehmen im Aktionsteil auf Prozeduren, Zwischenvariablen oder technische Untersuchungen Bezug, niemals auf Diagnosen, wie das für Forward-Regeln typisch ist.

Typ add: (add p15a 10) bedeutet: es werden 10 Punkte auf das Konto von P15a addiert.

Typ cadd:

(cadd z15 (div f140 f142)) bedeutet: Der Quotient aus Puls (f140) und Blutdruck (f142) wird auf die Zwischenvariable z15 (Schockindex) addiert. Die Vorbedingung dieser Regel muß Aussagen über f140 und f142 enthalten z.B. (f140 0 250) und (f142 40 400), damit die Werte von f140 und f142 bekannt sind, wenn die Action ausgewertet wird.

Achtung: Falls die Vorbedingung zu 'false' ausgewertet wird, z.B. weil der Benutzer auf eine Frage mit 'unbekannt' antwortet, hat die Zwischenvariable den Wert 0.

Typ ergaenze:

(ergaenze z1 w3) fügt dem Wertebereich von Infarktphysiognomie (z1) den Wert W3 (typisch) hinzu, da z1 qualitative Zwischenvariable ist (numerisch = nil). Wäre z1 quantitativ, hätte man dieselbe Wirkung mit (add z1 3) erzielt. Der Unterschied besteht nur darin, daß eine qualitative Zwischenvariable mehrer Werte haben kann.

### 3. Rekursive Regeln

RR10 (15 (f40 40 100) (z20 = 3)) ((add d15 4))

Wenn D15 (Angina-Pectoris) mindesten 15 Punkte hat, der Patient mindestens 40 Jahre alt ist und sein Koronarsklerose-Risiko (z20) erheblich ist, dann füge für d15 nochmals 4 Punkte hinzu.

Nach Ablauf von jeder Prozedur wird geprüft, ob das Punktekonto von D15



die Mindestpunktzahl erreicht hat, falls nicht, wird der übrige Teil der Vorbedingung nicht untersucht. Eine negative Mindestpunktzahl bedeutet, daß das Punktekonto der Diagnose kleiner/gleich der Zahl sein muß.

### 5.3 Ändern und Löschen

#### 5.3.1 Ändern von Alphas

Änderungen werden generell durch Neueingabe der jeweiligen Alpha-Property vorgenommen. Mögliche Auswirkungen auf Regeln werden automatisch berücksichtigt.

- Ausnahmen:
- 1) Alphanummer: Diese kann nur im Textverarbeitungssystem z.B. im EDT geändert werden, indem man in der Datei Daten die alte Nummer durch die neue ersetzt. Bsp.: f1 soll durch f2 ersetzt werden. Dann ersetzt man "f1 " durch "f2 " (Blank beachten) und "f1)" durch "f2)".
  - 2) Wertebereich: siehe unten
  - 3) Numerisch: Die Auswirkungen auf Regeln werden nicht berücksichtigt.

Im Änderungsmodus wird zunächst gefragt, welches Alpha und danach welche Property geändert werden soll. Diese Property kann dann neu eingegeben werden. Ein besonderes Problem ist der Wertebereich, da in den Regeln nur auf die Position einer Antwortalternative, nicht dagegen auf ihren Namen Bezug genommen wird:

Unproblematisch sind:

- 1) Eine Änderung der Kurzcharakterisierung (oder Kommentar oder Präzisierung).
- 2) Hinzufügen von Werten am Ende der Liste

Positionsveränderungen sind nur bei qualitativen Fragen oder Zwischenvariablen möglich:

- 3) Löschen von Werten
- 4) Hinzufügen von Werten in eine beliebige Position

Alle Konsequenzen für Regeln etc. werden automatisch berücksichtigt. Als Notlösung geht immer:

- 5) Neueingabe des Wertebereiches ohne Berücksichtigung von Regeln, Askfirst, Kontras und Weiterfragen und Durchführung der Folgeänderungen per Hand. Die betroffenen Regeln kann man sich ausdrucken lassen (s. 5.7).

#### 5.3.2 Löschen von Alphas

Beim Löschen werden automatisch alle Spuren der Alphas in Regeln mitgelöscht. Nicht berücksichtigt werden folgende Wechselwirkungen mit anderen Alphas, die per Hand nachgeholt werden müssen:

- Vorgänger, Nachfolger, Seiteneffekte, Procfolge, Sonstprocs von Diagnosen
- Weiterfragen von Fragen
- Possible von technischen Untersuchungen
- Vorbedingung von Prozeduren

Bsp: Frage F99 wird gelöscht. In Frage F98 steht bei Weiterfragen (W1 F97 F99). Dann muß der Experte diese Property neu eingeben mit (W1 F97).

Grundsätzlich fragt das System bei jeder Löschoperation nach einer Bestätigung, um versehentliches Löschen zu vermeiden.

Die Antwort auf die berechtigte Frage "warum werden die Wechselwirkungen zwischen Alphas nicht automatisch berücksichtigt?" liegt in dem Entwick-



lungscharakter von MED1 (vgl. 5.1). Je mehr die Eingabe automatisiert wird, desto aufwendiger sind spätere Änderungen des Systems.

### 5.3.3 Ändern von Regeln

Die am leichtesten durchzuführende Änderung betrifft die Punktbewertungen im Aktionsteil der Regel. Dazu ist es nur nötig, die Regelnummer bzw. bei einfachen Regeln die Vorbedingung z.B. (f1 w1) einzugeben. Das System antwortet dann mit einer durchnummerierten Liste der Aktionen, von der man die Nummer der zu ändernden Aktion und die neue Punktzahl eingibt. Bei komplizierteren Änderungen überschreibt man am besten die alte Regel. Dabei ist es möglich, die Condition oder die Actions der alten Regel zu übernehmen. Um ein ungewolltes Überschreiben einer existierenden Regel zu vermeiden, fragt das System zunächst nach einer Bestätigung. Rekursive Regeln muß man erst löschen und dann neu eingeben.

### 5.3.4 Löschen von Regeln

Das Löschen von Regeln erfolgt durch Eingabe der Regelnummer bzw. bei einfachen Regeln der Vorbedingung. Das System antwortet mit einer durchnummerierten Liste aller Aktionen der Regel und fragt welche gelöscht werden sollen, worauf der Benutzer entweder eine Nummer oder "alle" eingibt. Alle Folgewirkungen (außer bei Forward-Regeln mit Regelnummern s. 5.2.2.3) werden automatisch berücksichtigt.

## 5.4. sonstige Eingabedaten

### 5.4.1 Übersichtsfragen und -regeln (First)

Format: Liste von Fragen- und Regelnummern

Beispiel: (f1 f2 f3 r1 r2)

Erläuterung: Der Dialog startet mit Übersichtsfragen, die zur Verdachtsgenerierung mit 'spec'-Regeln ausgewertet werden. Dazu gibt der Experte die Liste der Fragen in der Reihenfolge an, wie sie an den Benutzer gestellt werden sollen. Die Auswertung der Fragen mittels einfacher Regeln geschieht automatisch im Anschluß an die gestellte Frage, bei Auswertung durch normale Regeln muß die Regelnummer ebenfalls in der Liste 'First' enthalten sein.

Änderungsmöglichkeiten:

1. vollständige Neueingabe
2. Hinzufügen oder löschen
3. Änderung der Reihenfolge

### 5.4.2 Text der Einleitung

Format: Liste von Strings

Beispiel: ("Dieses medizinische Expertensystem stellt Diagnosen für Patienten" "mit dem Leitsymptom Brustschmerz.")

Erläuterung: Zu Beginn der Sitzung erscheint eine kurze Information über den Anwendungsbereich des Systems. Den Text dazu gibt der Experte mit der Option t auf der obersten Kommandoebene ein.



#### 5.4.3.

#### Eingabe des Lexikons

Ziel: Eingabe eines Fachausdruckes und der Erläuterung, die in einer Sitzung vom Benutzer durch Angabe der Anfangsbuchstaben des Fachausdruckes abgefragt werden kann.

Format: 1) Fachausdruck = atom

2) Erläuterung = Liste von Strings

Beispiel: Fachausdruck: CK

Erläuterung: ("Kreatinphosphokinase: Enzymbestimmung bei Herzinfarktverdacht")

Änderungen: Zum Löschen und Überschreiben eines Fachausdruckes gibt man diesen ein und löscht ihn mit 'L' bzw kann ihn durch eine andere Erläuterung ersetzen. Falls man versehentlich einen bereits bekannten Fachausdruck eingetippt hat, so bewirkt Eingabe von '-' keine Änderung.

#### 5.4.4.

#### Löschen von Benutzerdateien

Im Anschluß an jede Sitzung kann man sich die Antworten auf die gestellten Fragen auf einer Datei abspeichern. Wird diese Datei nicht mehr gebraucht, so kann man sie mittels Eingabe von 'd' auf höchster Kommandoebene löschen. Dazu ist es nur nötig, von den durchnummerierten Dateien aller bisherigen Sitzungen die Nummern anzugeben, die gelöscht werden sollen.















```

(OUT) F40 = ALTER
(OUT) WIE ALT SIND SIE?
(OUT) WERTEBEREICH: VON 10 BIS 100
(OUT) NUMERISCH: TRUE
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(IN) f49
(OUT) NAME:
(OUT)
(OUT) arteriosklerose-risikofaktoren
(OUT) ("PROMPT1"):
(IN) ("Gefahrden sie ihre Gesundheit durch folgende risikofaktoren?" -
(OUT) WERTEBEREICH: (BEENDIGUNG DER WERTENGABE DURCH -)
(OUT) W1:
(OUT) (zigarettenrauchen - ("rauchen seit mehr als zwei jahren im durchschnitt mehr"
(IN) "als 10 zigaretten pro tag"))
(OUT) W2:
(OUT) (hypertonie (bluthochdruck))
(IN) W3:
(OUT) (diabetes (zuckerkrankheit))
(IN) W4:
(OUT) (erhebliches.uebergewicht - ("mehr als 20 prozent ueber dem normalgewicht"))
(IN) W5:
(OUT) (bewegungsmangel - ("nicht regelmaessiges ausueben einer bewegungsportart"))
(OUT) W6:
-- --
(OUT) F49 = ARTERIOSKLEROSE-RISIKOFAKTOREN
(OUT) GEFAEHRDEN SIE IHRE GESUNDHEIT DURCH FOLGENDE RISIKOFAKTOREN?
(OUT) W1 ZIGARETTENRAUCHEN
(OUT) W2 HYPERTONIE
(OUT) W3 DIABETES
(OUT) W4 ERHEBLICHES.UEBERGEWICHT
(OUT) W5 BEWEGUNGSMANGEL
(OUT)
(OUT) NUMERISCH: NIL
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(IN) f59
(OUT) NAME:
(OUT)
(OUT) fieber
(OUT) ("PROMPT1"):
(IN) ("hat der patient fieber?")
(OUT) ("ERKLAERUNG"):
(OUT)

```







```

(OUT) WERTEBEREICH: VON 36 BIS 42
(OUT) NUMERISCH: TRUE
(OUT) ASKFIRST: (F59 W2)
(OUT) ODER (F59 W3)
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(OUT)
(IN) F504
(OUT) NAME:
(OUT)
(OUT) ruhe-ekg-auf-angina-pectoris
(OUT) ("PROMPT1"):
(OUT)
(IN) ("beurteilen sie das ruhe-ekg auf angina-pectoris!") -
(OUT) WERTEBEREICH: (BEENDIGUNG DER WERTEINGABE DURCH -)
(OUT) W1:
(OUT)
(IN) (starker-hinweis) (schwacher-hinweis) (neutral) -
(OUT) NUMERISCH:
(OUT)
(IN) true -
(OUT) F504 = RUHE-EKG-AUF-ANGINA-PECTORIS
(OUT) BEURTEILEN SIE DAS RUHE-EKG AUF ANGINA-PECTORIS!
(OUT) W1 STARKER-HINWEIS
(OUT) W2 SCHWACHER-HINWEIS
(OUT) W3 NEUTRAL
(OUT)
(OUT) NUMERISCH: TRUE
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(OUT)
(IN) d15
(OUT) NAME:
(OUT)
(IN) angina-pectoris
(OUT) (AUSWERTUNG):
(OUT)
(OUT) (-90 -40 -20 20 60 150)
(OUT) (PROCFOLGE):
(OUT)
(IN) (p15a p15t17 p15t1 p15t2)
(OUT) (SEITENEFFEKTE):
(OUT)
(IN) -
(OUT) (NACHFOLGER):
(OUT)
(IN) -
(OUT) VORGAENGER:
(OUT)
(IN) -
(OUT) PRIORITAET:
(OUT)
(IN) 0
(OUT) (SONSTPROCS):
(OUT)
(IN) (p15t15 p15t16)

```



```

(OUT) D15 = ANGINA-PECTORIS
(OUT) AUSWERTUNG: -90 -40 -20 20 60 150
(OUT) PROCFOLGE: P15A P15T17 P15T1 P15T2
(OUT) PRIORITAET: 0
(OUT) SONSTPROCS: (P15T15 P15T16)
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(OUT)
(IN) p15a
(OUT) NAME:
(OUT)
(IN) angina-pectoris-a
(OUT) DIAGPUNKTE:
(OUT)
(IN) 50
(OUT) (VORBEDINGUNG):
(OUT)
(IN) -
(OUT) P15A = ANGINA-PECTORIS-A 50
(OUT) DIAGNOSEPUNKTE:
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(OUT)
(IN) p15t1
(OUT) NAME:
(OUT)
(IN) angina-pectoris-ekg
(OUT) DIAGPUNKTE:
(OUT)
(IN) 50
(OUT) (VORBEDINGUNG):
(OUT)
(IN) (t1 250 250 250)
(OUT) P15T1 = ANGINA-PECTORIS-EKG T1 250 250 250
(OUT) VORBEDINGUNG:
(OUT) DIAGNOSEPUNKTE: 50
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(OUT)
(IN) t1
(OUT) NAME:
(OUT)
(IN) ruhe-ekg
(OUT) AUFWAND:
(OUT)
(IN) 0
(OUT) BITTE LISTE ALLER PROZEDUREN ANGEBEN, DIE DIE T.-U. AUSWERTEN!
(OUT)
(IN) (p15t1)
(OUT) ((KONTRAS)):
(OUT)
(IN) -
(OUT) T1 = RUHE-EKG
(OUT) AUFWAND + RISIKO: 0
(OUT) INTERESSANT FUER (POSSIBLE): P15T1
(OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)
(OUT)

```



(IN) z4  
 (OUT) NAME:  
 (OUT)  
 (IN) Risikofaktorenzaehler  
 (OUT) WERTEBEREICH: (BEENDIGUNG DER WERTEINGABE DURCH --)  
 (OUT) W1:  
 (OUT)  
 (IN) -  
 (OUT) NUMERISCH:  
 (OUT)  
 (IN) true  
 (OUT) z4 = RISIKOFAKTORENZAEHLER  
 (OUT) NUMERISCH: TRUE  
 (OUT) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)  
 (OUT)  
 (IN) z20  
 (OUT) NAME:  
 (OUT)  
 (IN) koranarsklerose-risiko  
 (OUT) WERTEBEREICH: (BEENDIGUNG DER WERTEINGABE DURCH --)  
 (OUT) W1:  
 (OUT)  
 (IN) (kein.risiko) (gering) (erheblich) (maximal) -  
 (OUT) NUMERISCH:  
 (OUT)  
 (IN) true  
 (OUT) z20 = KORANARSKLEROSE-RISIKO  
 (OUT) NUMERISCH: TRUE  
 (OUT) W1 KEIN-RISIKO  
 (OUT) W2 GERING  
 (OUT) W3 ERHEBLICH  
 (OUT) W4 MAXIMAL  
 (OUT)  
 (IN) BITTE ZUNAECHST DIE ALPHANUMMER EINGEBEN (E = ENDE)  
 (OUT)  
 (IN) e  
 (OUT) SIE HABEN FOLGENDE OPTIONEN  
 (OUT) N = NEUEINGABE VON ALPHAS  
 (OUT) A = AENDERN UND AUFLISTEN VON ALPHAS  
 (OUT) L = LOESCHEN VON ALPHAS  
 (OUT) E = ENDE DER ALPHA-EINGABE  
 (OUT)  
 (IN) a  
 (OUT) BITTE ZU AENDERNDE ALPHA-NUMMER EINGEBEN (E = ENDE)  
 (OUT)  
 (IN) z20  
 (OUT) z20 = KORANARSKLEROSE-RISIKO  
 (OUT) NUMERISCH: TRUE  
 (OUT) W1 KEIN-RISIKO  
 (OUT) W2 GERING  
 (OUT) W3 ERHEBLICH  
 (OUT) W4 MAXIMAL  
 (OUT)  
 (IN) WAS MOECHTEN SIE AENDERN?  
 (OUT)



(OUT) 0 = KEINE AENDERUNG 1 = NAME 2 = WERTEBEREICH  
 (OUT) 3 = NUMERISCH  
 1  
 (IN) NAME:  
 (OUT) koronarsklerose-risiko  
 (IN) BITTE ZU AENDERNDE ALPHA-NUMMER EINGEBEN (E = ENDE)  
 (OUT) e  
 (IN) SIE HABEN FOLGENDE OPTIONEN  
 (OUT) N = NEUEINGABE VON ALPHAS  
 (OUT) A = AENDERN UND AUFLISTEN VON ALPHAS  
 (OUT) L = LOESCHEN VON ALPHAS  
 (OUT) E = ENDE DER ALPHA-EINGABE  
 (OUT) e  
 (IN) SIE KOENNEN JETZT DAS SYSTEM FUETTERN!  
 (OUT) A = EINGABE VON ALPHAS  
 (OUT) R = EINGABE VON REGELN  
 (OUT) F = EINGABE VON FIRST (UEBERSICHTSFRAGEN UND -REGELN)  
 (OUT) S = \*\*\* SAFEN = ABSPEICHERN ALLER DATEN \*\*\*  
 (OUT) L = EINGABE DES LEXIKONS  
 (OUT) E = ENDE DER EINGABE  
 (OUT) T = TEXT DER EINLEITUNG  
 (OUT) D = LOESCHEN VON DATEIEN  
 (OUT) (IN)  
 (OUT) f  
 (IN) SIE HABEN FOLGENDE OPTIONEN:  
 (OUT) N = NEUEINGABE VON REGELN  
 (OUT) E = ENDE DER REGELEINGABE  
 (OUT) A = AUFLISTEN DER VORHANDENEN REGELNUMMERN  
 (OUT) P = AENDERN VON PUNKTBEWERTUNGEN IN REGELN  
 (OUT) L = LOESCHEN VON REGELN  
 (OUT) (IN)  
 (OUT) n  
 (IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)  
 (OUT) ((f1 w1)  
 (IN) ((ACTIONS)):  
 (OUT) ((add p15a 4))  
 (IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)  
 (OUT) r204  
 (IN) CONDITION:  
 (OUT) ((f1 non w2))  
 (IN) ACTIONS:  
 (OUT) ((add p15a -7))  
 (IN) R204  
 (OUT) WENN (F1 NON W2)



```

(OUT) DANN (ADD P15A -7)
(OUT) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (f7 w5) ((add p15a 4))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) r200 ((f7 w2) oder (f7 w6) oder (f7 w7)) ((add p15a 2))
(IN)
(OUT) R200
(OUT) WENN (F7 W2)
(OUT) ODER (F7 W6)
(OUT) ODER (F7 W7)
(OUT)
(OUT) DANN (ADD P15A 2)
(OUT) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) r206 ((f7 non w2) (f7 non w5) (f7 non w6) (f7 non w7)) ((add p15a -30))
(IN)
(OUT) R206
(OUT) WENN (F7 NON W2) (F7 NON W5) (F7 NON W6) (F7 NON W7)
(OUT)
(OUT) DANN (ADD P15A -30)
(OUT) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (f304 = 1) ((add p15t1 30))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (f304 = 2) ((add p15t1 10))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (f49 w1) ((add z4 1)) (f49 w2) ((add z4 1)) (f49 w3) ((add z4 1))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (f49 w4) ((add z4 1)) (f49 w5) ((add z4 1))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (z4 = 0) ((add z20 1)) (z4 = 1) ((add z20 2))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (z4 2 3) ((add z20 3)) (z4 4 5) ((add z20 4))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) (z20 = 1) ((add p15a -20))
(IN) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)
(OUT) r19
(IN) (<ZAHL> (CONDITION)) FUER REKURSIVE REGEL ANGEBEN
(OUT)
(OUT) (15 (f40 45 100) (z20 = 2))
(IN) ((ADD <DIAGNOSENUMMER> <ZAHL>)) EINGEBEN
(OUT)
(OUT) ((add d15 2))
(IN)
(OUT) R19
(OUT) WENN D15 >= 15 PUNKTE
(OUT) (F40 45 100) (Z20 = 2)
(OUT)
(OUT) DANN (ADD D15 2)
(OUT)
(OUT) GEBEN SIE DIE REGELNUMMER ODER (<ALPHA> <BEDINGUNG>) EIN. (E = ENDE)
(OUT)

```











(OUT) F7 NON V6 SCHMERZLOKALISATION UNGLEICH PRAEKORDIAL  
 (OUT) F7 NON V7 SCHMERZLOKALISATION UNGLEICH EPIGASTRISCH  
 (OUT) R207 F8 NON V2 SCHMERZKATEGORIE UNGLEICH BRUSTKORBTRIEFENSCHMERZ  
 (OUT) -4 R208 F8 NON V1 SCHMERZVANDERUNGS- SAUSSTRAHLUNG UNGLEICH AUSSTRAHLUNG. NACH. LINKS  
 (OUT) -7 R209 F11 NON V3 SCHMERZQUALITAET UNGLEICH BEENGEND  
 (OUT) F11 NON V4 SCHMERZQUALITAET UNGLEICH BRENNEND  
 (OUT) F11 NON V5 SCHMERZQUALITAET UNGLEICH DUMPF  
 (OUT) -15 R210 F13 NON V1 MEDIKAMENTOSE. BEEINFLUSSBARKEIT UNGLEICH PROMPT. DURCH. NITROPR  
 (OUT) F13 NON V5 MEDIKAMENTOSE. BEEINFLUSSBARKEIT UNGLEICH BISH. KEINE. NITROPR  
 (OUT) -30 R211 F15 NON V1 SCHMERZVERSTAERKUNG UNGLEICH REGELMAESSIG. DURCH. KOERPERLICH. AN  
 (OUT) F15 NON V2 SCHMERZVERSTAERKUNG UNGLEICH GELENTLICH. DURCH. KOERPERLICH. A  
 (OUT) -15 R212 F16 NON V1 SCHMERZABSCHWAECHUNG UNGLEICH KOERPERLICH. RUHE  
 (OUT) -7 R202 F2 NON V2 SCHMERZENTWICKLUNGSGESCHWINDIGKEIT UNGLEICH 20. SEC. BIS. 3. MIN  
 (OUT) -20 Z20 = 1 KORONARSKLEROSE-RISIKO = KEIN. RISIKO  
 (OUT) -7 R204 F1 NON V2 SCHMERZVERLAUFSTYP UNGLEICH AKUT. REZIDIVIEREND.

P15T17 = ANGINA-PECTORIS-NITRO-EX. IUVANTIBUS  
 VORBEDINGUNG: T17 = NITRO-EX. IUVANTIBUS 250 250 250  
 DIAGNOSEPUNKTE: 50

(OUT) 80 F340 W1 NITRO-EX. IUVANTIBUS = VOLLSTAENDIGES. ABKLINGEN  
 (OUT) 40 F340 W2 NITRO-EX. IUVANTIBUS = WESENTLICHE. BESSERUNG  
 (OUT) -30 F340 W3 NITRO-EX. IUVANTIBUS = UNWESENTLICHE. BESSERUNG  
 (OUT) -30 F340 W4 NITRO-EX. IUVANTIBUS = KEIN. EFFEKT

P15T1 = ANGINA-PECTORIS-EKG  
 VORBEDINGUNG: T1 = RUHE-EKG 250 250 250  
 DIAGNOSEPUNKTE: 50

(OUT) 30 F304 = 1 RUHE-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = STARKER. HINWEIS  
 (OUT) 10 F304 = 2 RUHE-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = SCHWACHER. HINWEIS

P15T2 = ANGINA-PECTORIS-BELASTUNGS-EKG  
 VORBEDINGUNG: T2 = BELASTUNGS-EKG 250 250 0  
 DIAGNOSEPUNKTE: 100

(OUT) 200 F307 W1 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = BEWEISEND  
 (OUT) 60 F307 W2 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = NAHEZU. BEWEISEND  
 (OUT) 30 F307 W3 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = STARKER. HINWEIS  
 (OUT) 10 F307 W4 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = SCHWACHER. HINWEIS  
 (OUT) -10 F307 W6 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = SCHWACH. NEGATIV  
 (OUT) -30 F307 W7 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = STARK. NEGATIV  
 (OUT) -60 F307 W8 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = NAHEZU. AUSSCHLIESSEND  
 (OUT) -200 F307 W9 BELASTUNGS-EKG. AUF. ANGINA. PECTORIS = AUSSCHLIESSEND

P15T15 = ANGINA-PECTORIS-CK  
 VORBEDINGUNG: 0

(OUT) -30 F338 = 5 CK = STARK. ERHOEHT  
 (OUT) -15 F338 = 4 CK = ERHOEHT











(OUT)  
(OUT)  
(OUT)  
(OUT)

P15T2 = ANGINA-PECTORIS-BELASTUNGS-EKG  
P8T2 = PSEUDOANGINA-BELASTUNGS-EKG

(T2 250 250 0)  
(T2 250 250 250)



## 5.6. Hinweise auf Problembereiche

### 5.6.1. Gesamtberechnung einer Diagnose

#### 5.6.1.1. Verdachtsüberprüfung

Die Regeln für eine Diagnose werden auf ihre Prozeduren verteilt. Der Sinn und damit auch der Umfang von Prozeduren ergibt sich aus der Rückgabe der Kontrolle an das Steuersystem nach ihrer Abarbeitung. In Abhängigkeit der augenblicklichen Bewertungskategorie der Diagnose, eventuell neu gefundener Verdachtsmomente und dem Zustand der anderen Diagnosen wird entschieden, welche Diagnose als nächste untersucht wird. Die Punkte von Forward-Regeln für eine Diagnose werden direkt auf ihr Konto gutgeschrieben, wenn diese gefeuert haben.

Bei rekursiven Regeln wird bei jeder Punkteänderung der Diagnose überprüft, ob die erforderliche Mindestpunktzahl erreicht ist, falls ja wird der Rest der Vorbedingung evaluiert.

#### 5.6.1.2 Verdachtsgenerierung

Die Verdachtsregeln enthalten alle das Schlüsselwort spec.

Sie zerfallen in zwei Gruppen:

1. Die Regeln, die zur Auswertung der Übersichtsfragen dienen und für den ersten Verdacht verantwortlich sind.
2. die übrigen Regeln, die bei Bekanntwerden anderer Symptome den Verdacht auf die Diagnose lenken.

Falls eine Diagnose überprüft wurde, wird ihr Verdachtspunktekonto (Az) gelöscht und in der Agenda mit dem Ergebnis der Überprüfung weitergerechnet. Allerdings kann aufgrund neuer Spec-punkte auch die Az wieder steigen.

Auswertung der Az siehe 5.2.2.6 Property Azklasse.

#### 5.6.2. Zwischenvariablen

Falls es eine Gruppe von Symptomen gibt, die sich wechselseitig verstärken, so wäre es sehr umständlich, explizit jede Kombination mit einer Regel zu bewerten.

Stattdessen benutzt man einen Zähler, auf den für jedes Symptom Punkte addiert werden. In Abhängigkeit von diesem Zählerstand werden dann die für die Diagnoseüberprüfung relevanten Punkte vergeben (s. Beispiel 2 S.14). Ansonsten können Zwischenvariablen zur beliebigen Zusammenfassung einer Menge von Symptomen benutzt werden. Zum leichteren Verständnis ist es gut, eine zweistufige Auswertung vorzunehmen: In der zweiten Stufe wird den Punkten der ersten Stufe eine Klasse zugeordnet.

#### 5.6.3. Indikation für technische Untersuchungen

Technische Untersuchungen sind selbständige Einheiten, die in der Agenda Diagnosen gleichgestellt sind.

Sie werden erstmalig in Betracht gezogen durch

1. Aktivierung einer Prozedur, die eine technische Untersuchung als Vorbedingung hat.
2. Bei der Auswertung einer anderen technischen Untersuchung als "Anschlußuntersuchung".



Von ihrer daraus resultierenden Aktivierungspunktzahl (Az) wird die Summe der konstanten und patientenbezogenen Aufwand- und Risikopunkte abgezogen und die verbleibende Punktzahl in eine Aktivierungsklasse umgerechnet (s. 5.2.2.5 Property Azklasse). Falls die Priorität der technischen Untersuchung in der Agenda genügend hoch ist, werden die Kontras evaluiert. Je nach Ausgang werden die wartenden Prozeduren entweder abgearbeitet oder als nicht ausführbar gekennzeichnet (bekannt = false).

Eventuell müssen mehrere Diagnosen die technische Untersuchung anfordern, ehe sie aktiviert wird.

#### 5.7. Ausdrucken der Daten

Einen Übersichtlichen Ausdruck der Daten erhält man mit der Funktion "listing". Sie hat einen Parameter, der den Typ des Ausdruckes bestimmt.

F = Ausdrucken aller Fragen (einschl. Übersichtsfragen und -regeln)

D = Ausdrucken aller Regeln, die nach Diagnose, Prozeduren und Zwischenvariablen geordnet sind

S = Ausdrucken aller Regeln, nach Symptomen geordnet

T = Ausdrucken der technischen Untersuchungen

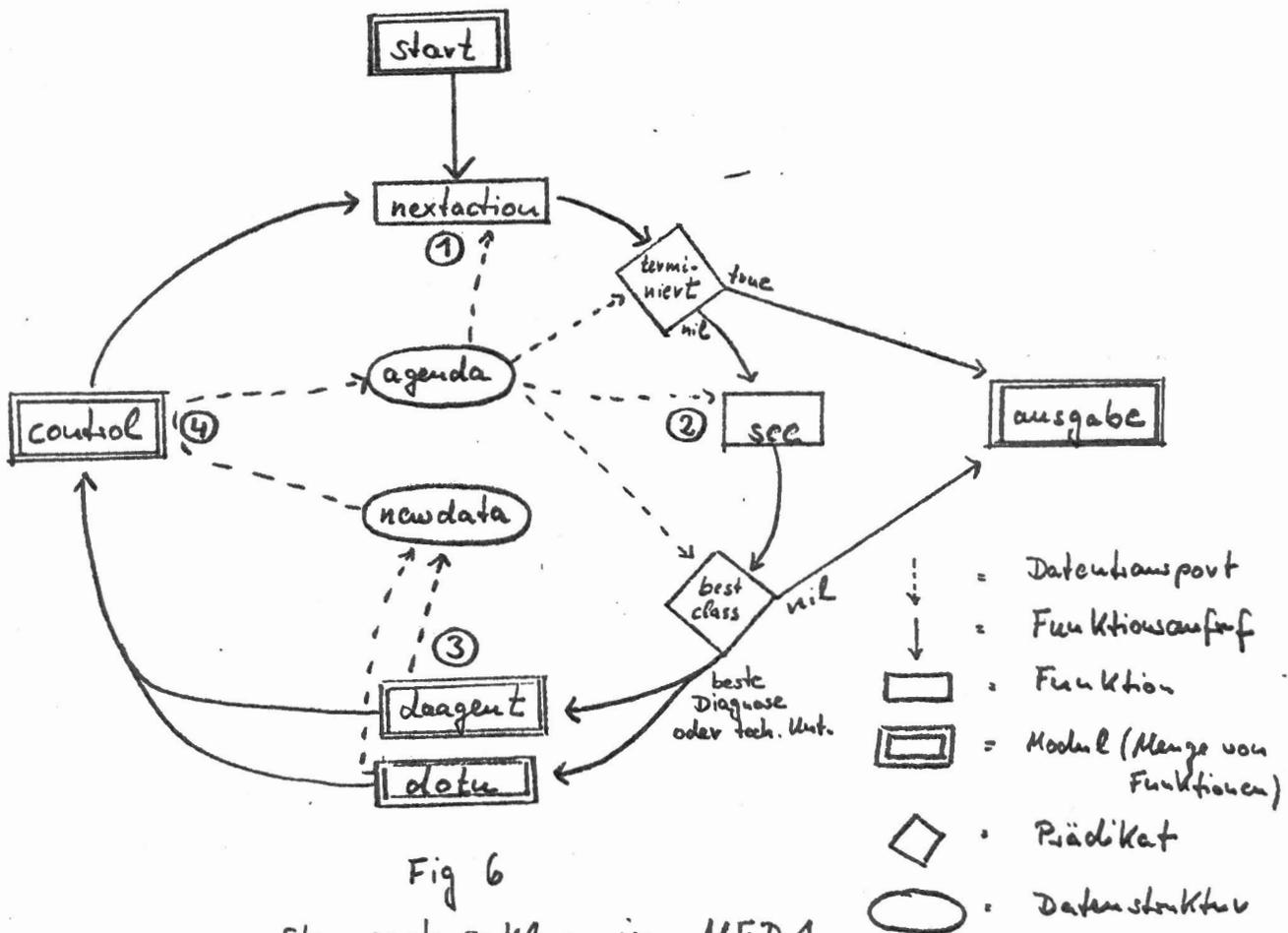
L = Ausdrucken des Lexikons

Ein Aufruf lautet (listing 'x'), wobei x aus (F D S T L).

Die Funktion listing erzeugt zunächst nur eine Datei mit dem Namen 'listing'. Das tatsächliche Ausdrucken auf Papier geschieht in einem zweiten Schritt mit dem PRINT-Befehl des Betriebssystems oder mit der (cat) Funktion.



Die Dokumentation von MED1 ist als Anlage erhältlich. In diesem Kapitel beschreibe ich exemplarisch den Steuersystemzyklus.



Erläuterung:

(start): Initialisierungen, Abarbeitung und Auswertung der Übersichtsfragen

Der Steuersystemzyklus besteht aus 4 Phasen:

1. (nextaction): Überprüfung, ob weitergemacht werden kann (mittels Prädikat "terminiert").
2. (see): Aktivierung der ranghöchsten Diagnose oder technischen Untersuchung der Agenda (mittels "bestclass").
- 3a. (doagent): Aktivierung einer Diagnose
- 3b. (dotu): Aktivierung einer technischen Untersuchung.

In dieser Phase werden Prozeduren und Regeln untersucht, Symptome erfragt usw. Alle für die Agenda relevanten Ergebnisse werden auf der Variablen newdata zwischengespeichert.

4. (control): Einarbeitung der Daten von newdata in die Agenda.

(ausgabe): Ausgabe des Endergebnisses



## 7.

## Bewertung

### 7.1.

### Vergleich mit anderen Diagnosesystemen

In diesem Kapitel vergleiche ich MED1 mit 4 der bekannteren, ausgereiften Diagnosesysteme, die ebenfalls die Methoden der künstlichen Intelligenz benutzen.

Eines der ersten dieser Systeme war MYCIN [Sho 76] (Stanford University) zur Diagnose und Therapie von bakteriellen Krankheiten des Blutes und der Hirnhaut.

CASNET [WKAS 78] (Rutgers University) dient der Diagnose und Therapie von glaukomatösen Augenerkrankungen.

PIP [PGKS 76] (Massachusetts Institute of Technology) hat als Fachgebiet mit Ödemen einhergehende Nierenerkrankungen.

INTERNIST [MPM 82] (Pittsburgh) behandelt das gesamte Gebiet der inneren Medizin.

Eine zusammenfassende Beschreibung dieser und anderer Systeme findet sich in [Pup 83], [BF 82], [SP 78]; eine umfassende Darstellung in [Szo 82]. Ich konzentriere mich hier auf Unterschiede in der jeweiligen Behandlung der wichtigsten Anforderungen an Diagnoseprogramme.

#### 7.1.1

#### Kontrollstruktur

Die Architektur der meisten Diagnosesysteme wird wesentlich durch das Anwendungsgebiet bestimmt. Da MED1 für ein breites Gebiet der Medizin entworfen ist, haben wir auf die Kontrollstruktur besonderen Wert gelegt, worin es sich von den anderen Diagnosesystemen unterscheidet:

INTERNIST überprüft jede Diagnose, die wenigstens eines der anfänglich eingegeben Symptome erklärt. Diagnosen, die dieselben Symptome erklären, werden zu Problembereichen zusammengefaßt, die durch gezielte Nachfrage nach weiteren Symptomen gesiebt werden, bis der Vorsprung der besten Diagnose genügend groß ist. Der ungeheuerere Rechenaufwand wird durch eine strenge Diagnosehierarchie gemindert: eine Grobdiagnose ist solange aktiv, wie noch keine Symptome bekannt sind, die eine Diskreminierung der Feindiagnosen erlauben.

INTERNIST enthält im Gegensatz zu MED1 keinen separaten Mechanismus zur Verdachtsgenerierung; jedes Symptom generiert ("triggert") einen Verdacht für alle Diagnosen, in denen es vorkommt. Deswegen tendiert INTERNIST dazu, zunächst völlig abwegige Problembereiche zu überprüfen, ehe es in den Kernbereich vorstößt.

MYCIN und CASNET sind so spezialisiert, daß sie keine Komponente zur Verdachtsgenerierung brauchen, da ihre Krankheiten differential-diagnostisch so eng beieinander liegen, daß sie alle untersucht werden müssen.

PIP hat sogenannte Trigger-Symptome, die den Verdacht auf neue Diagnosen lenken (ich bezeichne der Einfachheit halber auch "Zwischendiagnosen", die eigentlich pathophysiologische Zustände darstellen, als Diagnosen). Diese Auslöseschwelle wird für die Differentialdiagnosen einer aktiven Diagnose gesenkt, indem diese "semiaktiviert" werden. Für semiaktive Diagnosen wird jedes Symptom zum Trigger-Symptom. Nach Bekanntwerden jedes neuen Symptoms findet eine neue Berechnung statt; es kann also eine andere Diagnose getriggert, d.h. aktiviert werden. PIP enthält also einen eigenen Mechanismus der Verdachtsgenerierung, der allerdings nur zwischen Aktivierung und Nichtaktivierung unterscheiden kann. PIP tendiert deswegen dazu, sehr viele seiner Diagnosen zu aktivieren, außerdem



führt die vollständige Neuberechnung nach jedem Symptom zu einem sehr sprunghaftem Verhalten. In MED1 gewährleistet die Agenda und das Prozedurkonzept ein stabileres Verhalten; die Verdachtsgenerierung mittels eigenem Punktekonto eine bessere Selektivität als der Trigger-Mechanismus.

### 7.1.2. Verdachtsüberprüfung von Diagnosen

Bei der Verdachtsüberprüfung benutzen MYCIN, INTERNIST, PIP und MED1 letztlich empirisch gerechtfertigte Punktbewertungen.

Dagegen interpretiert CASNET eine Diagnose als eine kausale Verknüpfung von pathophysiologischen Zuständen. Da aber diese Zusammenhänge in der Glaukom-Diagnostik relativ einfach sind (gerichtetes Fortschreiten der Krankheit, keine Rückkoppelungsschleifen, keine multikausale Verursachung von pathophysiologischen Zuständen), sind die kausalen Mechanismen nicht übertragbar; in der Verallgemeinerung der Architektur von CASNET, EXPERT, [WK 79] fehlen sie deswegen auch.

Ein allgemeineres Modell zur Behandlung pathophysiologischer Zustände wird in der Konzeption von ABEL [PSS 81] beschrieben, einem in Entwicklung befindlichem Diagnosesystem für Säure-Basen und Elektrolytstörungen. Den vom Arzt geschätzten Punktbewertungen der übrigen Diagnosesysteme liegen natürlich auch kausale Beziehungen zugrunde. Ihre Problematik liegt in ihrer Starrheit; z.B. kann Kreislaufschock sowohl durch Herzinfarkt als auch Lungenembolie verursacht werden. Vergibt man für beide Diagnosen eine Punktzahl, die diese Kausalität ausdrücken, so wird man der Tatsache nicht gerecht, daß in einem konkreten Fall nur eine der beiden Ursachen vorliegen kann. Dieser Nachteil wird meistens dadurch kompensiert, daß die übrigen Symptome zwischen beiden Diagnosen diskriminieren, in komplizierten oder untypischen Fällen führt das trotzdem zu Schwierigkeiten.

Eine saubere Lösung dieses Problems ist nur auf pathophysiologischer Ebene möglich, wobei man die Ursachen des Kreislaufschockes so genau darstellen muß, daß durch gezielte Suche nach Symptomen eine eindeutige kausale Beziehung etabliert werden kann (vgl. ABEL).

Während die hier diskutierten Systeme außer INTERNIST prinzipiell in der Lage sind, pathophysiologische Zustände (Konzepte zwischen Symptomen und Enddiagnosen) zu repräsentieren, ist es ihnen nicht möglich, Mehrdeutigkeiten mit angemessenem Aufwand aufzulösen. Unter anderem ist dazu auch eine explizite Darstellung der Zeit notwendig, was ebenfalls in allen Systemen fehlt.

In den meisten Fällen reichen die empirischen Punktbewertungen dagegen völlig aus, wie die Erfolge dieser Systeme zeigen. Grundsätzlich gilt: je strukturierter der Mittelbau (vgl. 3.2.8) eines Diagnosesystems ausgebildet ist, desto einfacher und besser sind die einzelnen Bewertungen. Häufig ist aber hinreichend präzises Wissen gar nicht vorhanden.

Der Unterschied zwischen statistisch ermittelten und von Ärzten geschätzten Korrelationen besteht vor allem darin, daß letztere intuitiv die Abhängigkeiten der Symptome untereinander mitberücksichtigen. Ein Verrechnungsschema sollte daher dem Experten in diesem Bereich einen großen Spielraum lassen.

Alle Systeme enthalten das Konzept der getrennten Bewertung von positiver und negativer Evidenz. Am wenigsten Spielraum hat der Experte in INTERNIST, wo er nur die Korrelationen von einzelnen Symptomen zu Diagnosen (keine Kombinationen von Symptomen) abschätzen kann. Die Punkte



werden pro Diagnose addiert und der Abstand zwischen den Diagnosen eines Problembereiches (s.o.) ist letztlich maßgeblich. In MYCIN, CASNET und PIP kann der Experte mit Regeln auch die kombinierte Wahrscheinlichkeit mehrerer Symptome ausdrücken. Die Verrechnung der Punktzahlen geschieht nach einem vom System festgelegten Schema.

MED1 überläßt dagegen dem Experten auch die Verrechnung der Punktzahlen. Dieser Mechanismus kann auch dazu benutzt werden, eine Gruppe von Symptomen, die sich wechselseitig sehr stark beeinflussen, relativ bequem mit einer Zwischenvariable (s. 3.2.6.3 und 3.2.8) zu bewerten, anstatt mit einer Vielzahl von Regeln jede einzelne Kombination explizit angeben zu müssen.

### 7.1.3

#### Mehrfachdiagnosen

Dieses Problem kann von den Spezialisten MYCIN und CASNET relativ einfach gelöst werden: MYCIN sucht von vornherein Evidenz für jeden möglichen Erreger; CASNET wählt eine minimale Menge von Diagnosen aus, die die bestätigten pathophysiologischen Zustände in seinem kausalen Netzwerk enthalten.

PIP hat für jede Diagnose eine Liste von "komplementären" Diagnosen, die zusätzlich vorhanden sein können. In INTERNIST sind alle Symptome nach dem Grad ihrer Erklärungsbedürftigkeit bewertet. Wenn eine Diagnose bestätigt wurde, werden alle durch sie erklärten Symptome aus der Liste der erklärungsbedürftigen Symptome gestrichen und mit den restlichen der nächste Zyklus gestartet. Dies wiederholt sich solange, bis nur noch Symptome mit einem niedrigem Grad der Erklärungsbedürftigkeit übrigbleiben.

In MED1 wird jede Diagnose unabhängig von den Übrigen bewertet, wobei die Differentialdiagnostik implizit in den Regeln für positive und negative Evidenz enthalten ist. Mehrfachdiagnosen führen jeweils zu einer hohen Bewertung.

### 7.1.4.

#### Terminierung

Das Abwägen des Nutzens einer genaueren Diagnostik gegen die Kosten und Risiken weiterer Untersuchungen hängt entscheidend von der therapeutischen Konsequenzen ab. Eine direkte Kosten / Nutzen-Analyse wird von keinem der beschriebenen Programme durchgeführt: INTERNIST, PIP und MED1 berücksichtigen die Therapie nicht; in MYCIN und CASNET wird die Diagnostik abgeschlossen, bevor die Therapie beginnt. Alle Programme tendieren deswegen dazu, die Diagnostik viel zu weit zu treiben. Der eigenständige Indikationsmechanismus für technische Untersuchungen in MED1 soll diesem Phänomen entgegenwirken, kann aber seine volle Wirksamkeit erst entfalten, wenn die Therapie miteinbezogen wird.

### 7.1.5.

#### Schwierige Probleme

Viele Diagnosen lassen sich nicht bei der ersten Sitzung stellen, sondern wesentliche Hinweise resultieren erst aus dem weiteren Verlauf. "Aktives Zuwarten" ist eine ganz wesentliche diagnostische und therapeutische Maßnahme. Die explizite Repräsentation der Zeit ist deswegen das vordringlichste Problem für Diagnosesysteme. Das Modell von CASNET ist nicht übertragbar, da Glaukome einen besonders einfachen, irreversiblen Zeitverlauf haben.



Sich widersprechende Befunde veranlassen den Arzt häufig zu einer sehr viel genaueren Analyse des Problems: entweder ist die derzeitige Hypothese falsch oder es gibt eine "harmlose" Erklärung für einen der Befunde. Dieses Vorgehen ist sehr viel angemessener als die Methode aller derzeitigen Diagnoseprogramme, einfach einen Mittelwert zu bilden.

## 7.2. Zusammenfassung und weitere Arbeit

MED1 ist ein Diagnosesystem für komplexe Bereiche, in denen hauptsächlich aufgrund von heuristischem Wissen entschieden wird. Sein Hauptmerkmal ist die Äquivalenz der Wissensrepräsentation für Verdachtsgenerierung und Verdachtsüberprüfung, was durch die Meta-Ebenen-Kontrollstruktur realisiert ist.

Für die Bewertung von Diagnosen bieten Punktekonten, die diagnosespezifisch ausgewertet werden, zusammen mit der Möglichkeit, beliebig viele Zwischenbewertungen vorzunehmen, eine große Flexibilität.

Bei der Weiterentwicklung stehen folgende Probleme im Mittelpunkt:

1. explizite Repräsentation der Zeit.
2. Repräsentation von kausalen ("pathophysiologischen") Zusammenhängen. Darunter verstehe ich die Fähigkeit, im konkreten Fall unter verschiedenen möglichen Zusammenhängen den oder die tatsächlichen mit Hilfe von Kontextwissen herauszufinden.
3. Einbezug der Therapie in die Diagnostik.



- [Bor 83] H.P. Borrmann  
MODIS - ein Expertensystem zur Erstellung von Reperaturdiagnosen für den Otto-Motor und seine Aggregate.  
Diplomarbeit, Uni Kaiserslautern, 1983
- [BF 82] A. Barr, E.A. Feigenbaum  
The Handbook of Artificial Intelligence, Vol 2, Chapter 8:  
Applications-oriented AI-Research: Medicine  
William Kaufmann Inc. (1982)
- [Dav 77] R. Davis  
Interactive Transfer of Expertise: Acquisition of New Inference Rules  
Proc 5th. Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (1977)  
321 - 327
- [DLS 72] F.T. de Dombal, D.J. Leaper, J.R. Staniland et al  
Computer Aided Diagnosis of Acute Abdominal Pain  
Brit. Med. J. 2 (1972) 9 - 13
- [Gor 73] G.A. Gorry  
Computer Assisted Clinical Decision Making  
Meth. Inform. Med. 12 (1973) 45 - 51
- [KG 78] J.P. Kassirer, G.A. Gorry  
Clinical Problem Solving: A Behavioural Analysis  
Annals of Internal Med. 89 (1978) 245 - 255
- [MPM 82] R.A. Miller, H.E. Pople, J.D. Myers  
INTERNIST-1, An Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine  
New England Journal of Medicine 307 (1982) 468 - 476
- [Nil 80] N.J. Nilsson  
Principles of Artificial Intelligence  
Tiogo Publishing Comp. (1980)
- [PGKS 76] S.G. Pauker, G.A. Gorry, J.P. Kassirer, W.B. Schwartz  
Towards the Simulation of Clinical Cognition: Taking the Present Illness by Computer  
Amer. J. Med. 60 (1976) 981 - 996
- [PSS 81] R.S. Patil, P. Szolovits, W.B. Schwartz  
Causal Understanding of Patient Illness in Medical Diagnosis  
Proc. 7th. Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (1981) 893 - 899
- [Pup 83] B. Puppe  
Doktorarbeit  
wird demnächst erscheinen
- [SB 75] E.H. Shortliffe, B.G. Buchanan  
A Model of Inexact Reasoning in Medicine  
Math. Bioscience 23 (1975) 351 - 379
- [SBF 79] E.H. Shortliffe, B.G. Buchanan, E.A. Feigenbaum  
Knowledge Engineering for Medical Decision Making  
STAN-CS-79-723 Stanford (1979)
- [Sho 76] E.H. Shortliffe  
Computer-Based Medical Consultations: MYCIN  
American Elsevier (1976)
- [SP 78] P. Szolovits, S.G. Pauker  
Categorical and Probabilistic Reasoning in Medical Diagnosis  
Artificial Intelligence 11 (1978) 115 - 144



- [Ste 81] M. Stefik  
Planning and Meta-Planning  
Artificial Intelligence 16 (1981) 141 - 170
- [Szo 82] P. Szolovits (Editor)  
Artificial Intelligence in Medicine  
AAAS Selected Symposium 51 (1982)
- [WK 79] S. Weiss, C.A. Kulikowski  
EXPERT: A System for Developing Consultation Models  
Proc. 6th. Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence  
(1979) 942 - 948
- [WKAS 78] S.M. Weiss, C.A. Kulikowski, S. Amarel, A. Safir  
A Model-Based Method for Computer-Aided Medical Decision  
Making  
Artificial Intelligence 11 (1978) 145 - 172