



Referat

„Expertensysteme“
(Architektur, Anwendungen, Demos)

Von
Christiane Hein, Markus Löschinger



Inhaltsverzeichnis

1	Definition	3
2	Geschichte	4
3	Anwendungen	5
4	Aufbau eines Expertensystem	8
4.1	Das Steuersystem	8
4.2	Die Wissensbasis	10
5	Arbeits- und Funktionsweise	11
5.1	Problemlösungsmethoden	11
6	Expertensystem bei der DFS	15
6.1	Engineer on Duty	15
6.2	Untersuchung zum Einsatz eines Expertensystems	15
6.3	Soziale Aspekte	18
7	Die Entwicklungsumgebung D3	21
7.1	Überblick	21
7.2	D3	21

1 Definition

„Expertensysteme versuchen, Gedankengänge und Erfahrungen von Experten bestimmter Fachgebiete auf eine Menge von formalisierten, maschinenverarbeitbaren Operationen abzubilden, um Aspekte einer Problemlösungskompetenz zu reproduzieren und Anwendern zur Verfügung zu stellen.“

Ein Expertensystem bildet demnach die Problemlösungskompetenz eines menschlichen Experten in Hard- und Software nach. Um ein Problem zu lösen, benötigt das System fachspezifisches Wissen und Regeln, anhand derer man das Wissen verknüpfen kann, um zu einer Lösung zu gelangen.

Um ein bestimmtes Problem zu lösen benötigt man sehr viel fachspezifisches Wissen. Dieses Wissen muss ein menschlicher Experte dem System zur Verfügung stellen. Der so genannte Wissensingenieur teilt dem Expertensystem nicht nur sein Fachwissen mit, sondern stellt auch Regeln auf, auf denen das System dann selbständig neues Wissen erwerben kann.

Würde man ein solches Expertensystem nicht auf ein enges Teilgebiet spezifizieren, bräuchte man unendlich viel Wissen, um eine ausreichende Datenbasis für Entscheidungen zu haben. Für ein solches System reichen die heutigen Rechenleistungen und Eingabegeräte nicht aus. Die Informationseingabe über die Tastatur ist denkbar ungeeignet, um schnell viel Wissen zu erlernen bzw. einzugeben.

2 Geschichte

In den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wollten Informatiker eine Maschine bauen, die allgemein jede Art von Problemen lösen konnte. Dieser so genannte „general problem solver“ konnte aber bis heute noch nicht realisiert werden. Eine solche Maschine sollte mathematische Theoreme selbstständig beweisen können. In den 70er Jahren kam man zu der Erkenntnis, dass man keine Maschine bauen kann, die alle Probleme lösen kann. Vielmehr sollte man sich auf konkrete Problemstellungen konzentrieren, da man zur Lösung eines Problems sehr viel fachspezifisches Wissen benötigt.

In den 70er und 80er Jahren entstanden mehrere Expertensysteme, die sich mit der Lösung Fachspezifischer Probleme befassen. Die meisten Anwendungen findet man in dem Bereich der Medizin.

Die Firma DEC entwickelte ein Expertensystem zur Konfiguration und Dimensionierung von Großrechnern und konnte durch dessen Einsatz große \$-Beträge sparen.

Heute versucht man nicht mehr einen menschlichen Experten durch ein Expertensystem zu ersetzen, sondern qualifizierte Arbeitskräfte durch ein Expertensystem zu unterstützen. Mehr dazu im Kapitel Anwendung.

Gerade in Sicherheitskritischen Bereichen ist der Einsatz von Expertensystemen mit Vorsicht zu genießen, da ein solches System nicht so souverän entscheiden kann, wie ein menschlicher Experte. Außerdem kann das Expertensystem nicht die Folgen seiner Entscheidung beurteilen.



3 Anwendungen

Ein allgemeines Ziel ist es, einen menschlichen Experten durch ein Expertensystem zu ersetzen. Dies kann aus unterschiedlichen Gründen geschehen:

- Der Experte kann nicht vor Ort sein (Weltraum)
- Der Experte scheidet aus dem Unternehmen aus
- Entlastung von Routineaufgaben
- Das Aufgabenfeld des Experten ist komplexer geworden

Des Weiteren kann man ein Expertensystem im Bereich der Aus- und Weiterbildung einsetzen. Nachwuchskräfte können sich das Wissen, das in einem Expertensystem gespeichert ist über Computer based Training aneignen.

Ein Expertensystem bietet den Vorteil, dass der Experte, der die Daten in das System eingibt, sein Wissen überprüfen lassen kann. So können Missverständnisse sehr schnell aufgedeckt und bereinigt werden.

In vielen Bereichen stößt ein Expertensystem aber auch schnell an seine Grenzen. Wenn ein System sicherheitskritische Entscheidungen trifft, die nicht durch einen menschlichen Experten überprüft werden, muss man sehr viel Aufwand in die Implementierung und Wartung des Systems investieren, um Fehlentscheidungen auszuschließen.

Im Allgemeinen sind die Pflege und der Betrieb eines Expertensystems ein nicht zu vernachlässigender Kostenfaktor.

Zurzeit werden Expertensysteme hauptsächlich im Bereich der medizinischen Diagnostik und der Fehlerdiagnose in komplexen technischen Systemen eingesetzt. Im Bereich der Medizintechnik wurden viele Expertensysteme entwickelt, da es in dünn besiedelten Gebieten in



den USA wenige hoch spezialisierte Ärzte gibt. Die Experten in den großen Universitätskliniken stellen ihr Fachgebietspezifisches Expertenwissen den Allgemeinmedizinerinnen über ein Expertensystem zur Verfügung. Somit können Menschen in dünn besiedelten Gebieten auf eine qualitativ hochwertigere Diagnose hoffen, ohne eine lange Reise in eine große Stadt bzw. Klinik antreten zu müssen.

Ein weiteres Einsatzgebiet von Expertensystemen, auf dem große Erfolge zu verzeichnen sind, ist der Bereich der User-Helpdesk-Anwendungen. Durch den Einsatz von Expertensystemen auf diesem Gebiet kann man qualifizierten Telefonsupport rund um die Uhr zur Verfügung stellen. Der menschliche Experte muss somit nicht zu ungünstigen Tages- und Nachtzeiten arbeiten und wird nicht mit Kommunikationsproblemen oder wütenden Anwendern belastet. Gesprächspartner im Call-Center können Aushilfskräfte sein, die nicht unbedingt Experten im Umgang mit der entsprechenden Anwendung sein müssen. Das heißt aber nicht, dass man unqualifizierte „Hausfrauen“ für diese Arbeit einsetzen könnte, denn der/die TelefonistIn benötigt auf jeden Fall Grundlagenwissen in dem Bereich. Ein ähnliches Modell findet man auf Fachmessen wie der CeBIT. Hier werden Aushilfskräfte geschult, um am Messestand kurze oberflächliche Informationen zur Verfügung zu stellen. Detailfragen können evtl. nur von Programmierern oder Experten beantwortet werden.

Die Firma DEC entwickelte in den 70er Jahren ein Verkäufer-Assistenzsystem, mit dem man die Konfiguration eines Großrechners auf die konkreten Kundenbedürfnisse anpassen konnte. Dadurch konnte DEC im Verkauf große Beträge einsparen und somit die Kosten für die Entwicklung relativ schnell wieder einzusparen. Ähnliche Systeme findet man in heutigen Webshops. Bei Amazon wird beispielsweise ein



Buchverkäufer durch ein Expertensystem simuliert, das zur Laufzeit durch die Benutzerinteraktion lernen kann.

4 Aufbau eines Expertensystem

Ein Expertensystem ist wie in Abbildung 1 zu sehen aufgebaut. Es wird in zwei Hauptmodule aufgeteilt. Einmal dem Steuersystem(Kern, Shell) und der Wissensbasis aufgeteilt.

4.1 Das Steuersystem

Das **Steuersystem** beinhaltet die **Problemlösungskomponente**, die das Expertenwissen interpretiert um da vom Benutzer spezifizierte Problem zu lösen.

Ein weiteres Element des Steuersystems ist die **Benutzerschnittstelle**, die eine **Interviewerkomponente** enthält, welche den Dialog mit dem Benutzer führt oder liest automatisch erhobene Daten ein. Sollte kein Benutzerdialog stattfinden handelt es sich um ein **eingebettetes Expertensystem**, ansonsten um ein **interaktives Expertensystem**.

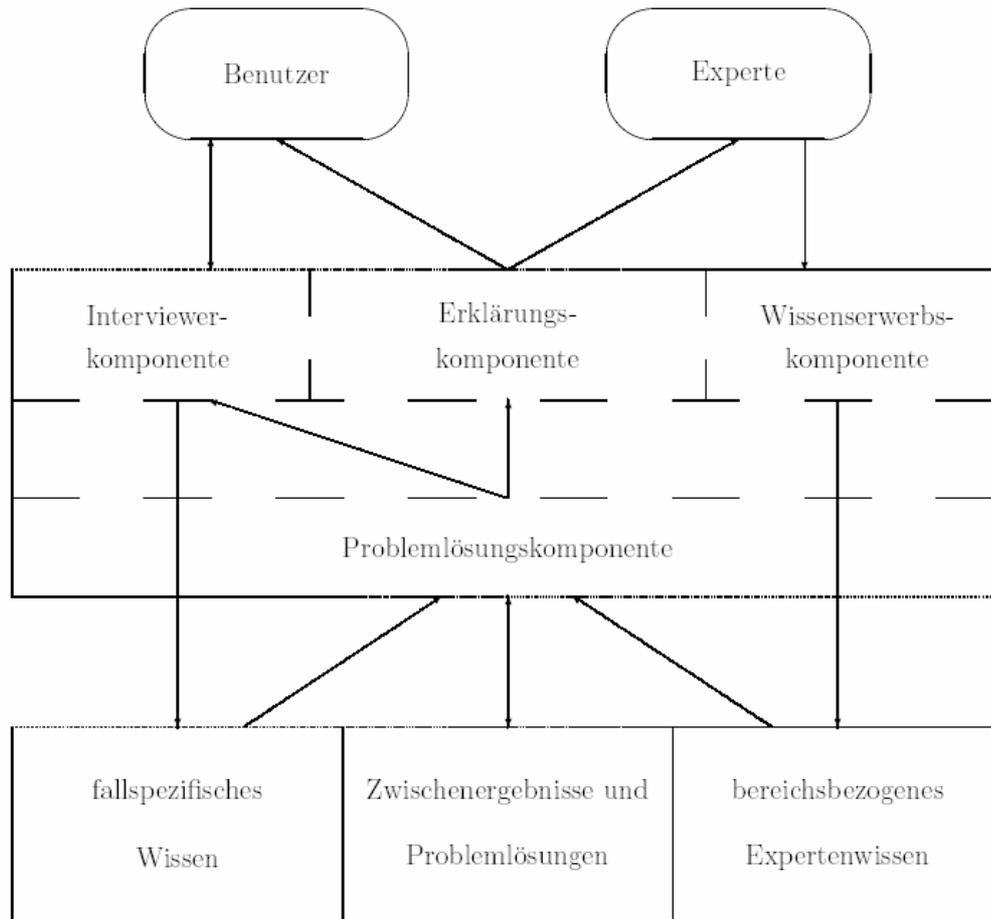


Abbildung 1: Aufbau eines Expertensystems

Eine weitere Komponente der Benutzerschnittstelle ist die **Erklärungskomponente**. Diese gibt dem Benutzer eine Begründung oder Rechtfertigung der vorgeschlagenen Problemlösung außerdem hilft sie dem Experten, der den Fehler in der Wissensbasis lokalisieren will. Dadurch wird die Vorgehensweise des Expertensystems transparent gemacht.

Die letzte Komponente des Steuersystems ist die **Wissenserwerbskomponente**. Diese ermöglicht es dem Experten sein Wissen in das Expertensystem einzugeben und später eventuell zu ändern. Je nach Qualität dieser Komponente muss der Experte durch

einen Wissensingenieur(knowledge engineer) unterstützt werden oder er kann durch z.B. das Auswerten einer Falldatenbank oder andere eigenständigen Lerntechniken entlastet werden.

4.2 Die Wissensbasis

Es besteht zum einen aus dem **bereichsbezogenen Wissen**. Dieses kommt vom Experten und gliedert sich auf in:

- Faktenwissen
- Ableitungswissen(Regeln)
- Kontrollwissen(Meta-Regeln)

Eine weitere Komponente ist das **fallspezifische Wissen**. Dieses kommt vom Benutzer und ist ein Faktenwissen zu einer konkreten Problemstellung.

Die letzte Komponente sind die **Zwischen und Endergebnisse**. Diese kommen von der Problemlösungskomponente. Es handelt sich auch hier um Faktenwissen.



5 Arbeits- und Funktionsweise

Unter Expertenwissen versteht man eine Fachperson, die Wissen durch langjährige Erfahrung in einem Gebiet gesammelt hat. Dieser Experte, der das Expertensystem sein Wissen verdankt kann in diesem Fall auch eine Fachperson sein, die im Anfangszustand dem System sein Wissen verleiht. Im Folgenden kann das Expertensystem sein Wissen durch Erfahrung aus z.B. Messdatentabellen aus vorausgegangenen Problemstellungen erweitern. So erlangt das Expertensystem sein Wissen einerseits durch externe Eingaben eines „Experten“ andererseits aber auch durch „selbst erlerntes“ Wissen.

5.1 Problemlösungsmethoden

Expertensysteme arbeiten nach drei unterschiedlichen Problemlösungsmethoden:

- Klassifikation - Diagnose
- Konstruktion
- Simulation

Eine Klassifikation wird auf Probleme mit folgenden Eigenschaften angewendet. Ein Problembereich besteht aus zwei explizit gegebenen, disjunkten Mengen

von Problemmerkmalen (Symptome) und Problemlösungen (Diagnosen). Außerdem gibt es ein typischerweise unsicheres Wissen über die Beziehung, die zwischen den Problemmerkmalen und der Diagnose besteht. Zur Lösung des Problems führen mehrere Diagnosen. Um die Qualität der Problemlösung zu verbessern müssen weitere zusätzliche

Teilprobleme erfasst werden. Es ist nun eine Teilaufgabe der Klassifikation zu bestimmen, welche zusätzlichen Probleme angefordert werden müssen, um einen qualitativ höherwertige Lösung des Hauptproblems zu erlangen.

Diese Art der Problemlösung, bei der man von Beobachtungen auf Diagnosen zurück schließt, die die Beobachtungen hervorrufen nennt man Abduktion.

Abduktion:	Deduktion:
$D \rightarrow S$	$D \rightarrow S$
S	D
D	S

Abbildung 2: Abduktion / Deduktion

Wie man in Abbildung 2 sieht, ist die Abduktion keineswegs eine logisch zwingende Schlussweise wie die Deduktion, da die Abduktion auf Beobachtungen beruht und diese viele unterschiedliche Ursachen haben können. Die dadurch entstehende Unsicherheit der Problemlösung lässt sich durch die Auswertung weiterer Daten minimieren.

In folgender Abbildung wird grob der Aufbau eines Diagnosesystems dargestellt.

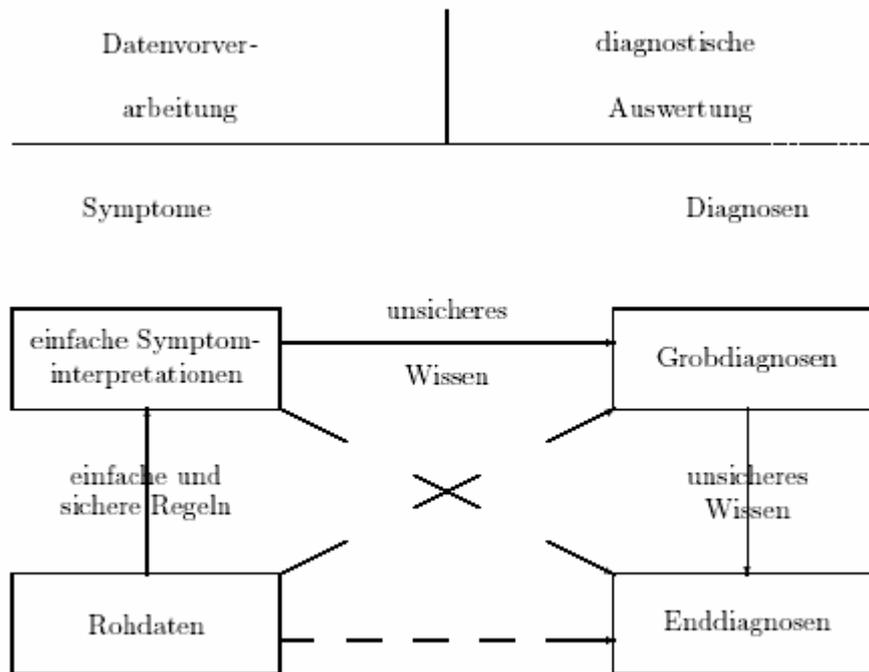


Abbildung 3: Aufbau eines Diagnosesystems

Man sieht deutlich die Unterscheidung in eine Datenvorverarbeitung und eine diagnostische Auswertung. In dem einen Teil werden die Symptome verarbeitet und in dem anderen die Diagnosen. In der Datenvorverarbeitung wird zunächst eine einfache Symptominterpretation durchgeführt über die Rohdaten durchgeführt. Diese wird über einfache und sichere Regeln durchgeführt. Weiter wird über unsicheres Wissen eine Grobdiagnose und weiter eine Enddiagnose durchgeführt.

Im Fall der Konstruktion wird die Lösung aus kleinen Bausteinen zusammengesetzt anstatt aus verschiedenen Lösungswegen auszuwählen.

Zur Konstruktion gehört unter anderem die Planung. In dieser wird eine Folge von Handlungen (Operatoren) zum Erreichen eines Zielzustandes gesucht.



Als weiteres gehört die Konfiguration zur Konstruktion. Dies ist ein Entwurf eines Objektes aus Komponenten, das bestimmten Anforderungen genügen muss.

Als letzter Punkt in der Konstruktion ist die Zuordnung. Hier werden zwei vorgegebene Objektmengen werden unter Beachtung von Randbedingungen einander zugeordnet.

- Beispielprobleme für die Konstruktion
- Stundenplanerstellung (Zuordnung)
- Konfiguration von Computern
- Festlegen von Bearbeitungsschritten für Werkstücke, die einen Rohling in
- das gewünschte Produkt Überführen (Planung)
- Zuordnung von Werkzeugen (Maschinen)
- Klötzchenwelt (Planung)

Ein entscheidendes Merkmal für Konstruktionsprobleme ist ein sehr großer Suchraum.

6 Expertensystem bei der DFS

6.1 Engineer on Duty

Das Konzept „Engineer on Duty“ (EOD) sieht vor, die Aufgaben der SSÜ (Systemsteuerung und Überwachung) auf einen technischen „Wachleiter“ zu übertragen. Dieser EOD soll seinen Arbeitsplatz im Betriebsraum haben und soll von dort aus die Tätigkeiten des Service-Level 1 übernehmen. Weitere Aufgaben eines EOD wären die Koordination von Aktivitäten des Service-Level 2 und das Notfallmanagement für die eingesetzten technischen und flugsicherungstechnischen Systeme. Um diese Aufgaben erfüllen zu können muss der EOD einen guten und detaillierten Überblick über die gesamte Technik haben. Weiterhin muss er im Falle eines Systemausfalls schnell die richtigen Entscheidungen treffen und eventuell Änderungen an einem System durchführen. Da man die gesamte Systemlandschaft der eingesetzten technischen und flugsicherungstechnischen Systeme nicht in der geforderten Tiefe überblicken kann, benötigt der EOD ein Assistenzsystem, das ihn bei der Entscheidungsfindung unterstützt und ihm detailliertes Wissen über die Systeme zur Verfügung stellt.

6.2 Untersuchung zum Einsatz eines Expertensystems

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde untersucht, ob ein Expertensystem den EOD sinnvoll unterstützen kann. Diese Diplomarbeit wurde in der Niederlassung Karlsruhe von dem BA-Studenten Arne Schmitz erstellt. Die Kernaufgaben dieser Arbeit waren neben den allgemeinen Untersuchungen auch die beispielhafte Einrichtung eines Expertensystems und dessen Bewertung.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein Prototyp eines Expertensystems für die Diagnose eines flugsicherungstechnischen Systems entwickelt. Als



Basis und Entwicklungsumgebung diente das D3 Shellkit, das an der Universität Würzburg entwickelt wurde. Dieses Framework dient auch mehreren Softwarehäusern als Basis ihrer kommerziellen Expertensysteme. Dadurch sind die Ergebnisse der Diplomarbeit einfach auf einen späteren Einsatz eines solchen Systems übertragbar.

Als erster Schritt in dieser Untersuchung wurden verschiedene Vorgehensmodelle erstellt. Diese Modelle beschreiben nicht nur die Einführung eines Expertensystems, sondern beleuchten auch den Prozess der in Betriebhaltung und Weiterentwicklung eines solchen Systems. Hier muss insbesondere sichergestellt werden, dass die Wissensbasis des Expertensystems immer auf dem aktuellen Stand gehalten wird und dass das enthaltene Wissen und die Verknüpfungen bzw. Regeln verifiziert werden. Dieser iterative Prozess wird im Idealfall von mehreren menschlichen Experten mit hohem Detailwissen durchgeführt. Nach jedem Update muss das Expertensystem in einer Art betrieblichen Abnahme überprüft werden, damit man die Korrektheit der gelieferten Entscheidungen in hohem Maße sicherstellen kann.

Die Planungen zur Implementierung des Prototypen begannen mit den Überlegungen zu den Schnittstellen des Expertensystems. Die GUI, mit der der EOD arbeitet muss möglichst einfach aufgebaut sein und muss schnell zu bedienen sein, damit der EOD im Notfall schnell Informationen zu bestimmten Sachverhalten oder Fehlerbeschreibungen abrufen kann. Eine weitere Benutzerschnittstelle muss für die Pflege und Wartung des Systems vorgesehen werden. Mit Hilfe dieser GUI muss man das gesamte System warten, erweitern und verifizieren können. Des Weiteren benötigt man eine Funktion, die das Aktualisieren der Software ermöglicht. Sicherheitsupdates und neue Funktionen müssen mit der bestehenden Datenbasis kompatibel bleiben.

In enger Zusammenarbeit mit den Ingenieuren aus dem Systemmanagement, die die Systeme zurzeit betreuen, wurde eine Datenstruktur



bzw. der grundlegende Aufbau der Wissensdatenbank erarbeitet. Anschließend wurden Formulare erstellt, anhand derer die Mitarbeiter des Service-Levels 1 ihre aktuellen Erfahrungen und das gesammelte Wissen in die Wissensbasis eintragen können. Weiterhin wurde untersucht, inwieweit Funktionen des Systems von anderen Modulen oder Systemteilen abhängen und welche Abhängigkeiten für einen reibungslosen Betrieb erfüllt sein müssen. Im nächsten Schritt wurden diese Regeln gewichtet, damit das Expertensystem zwischen starken und schwachen Abhängigkeiten unterscheiden kann.

Der gesamte Prototyp wurde in einem iterativen Prozess mit den Mitarbeitern des Service-Level 1 verbessert und abschließend bewertet. Die meisten Mitarbeiter sehen in dem Expertensystem-Prototyp ein nützliches Tool, das sie bei der Arbeit unterstützt, allerdings konnte sich niemand vorstellen mit solch einem Programm ein ihm völlig unbekanntes System zu betreuen. Daraus kann man ableiten, das Expertensystem zwar gute Arbeit leistet, das sich aber im Zweifelsfall jeder Mitarbeiter auf sein eigenes Wissen und seine Erfahrung verlässt.

Ein weiteres Ergebnis der Diplomarbeit war eine Abschätzung des Aufwandes, der mit der Einführung eines Expertensystems verbunden ist. Im allgemeinen ist festzuhalten, das die Pflege der Wissensdatenbank die meiste Zeit in Anspruch nimmt. Folgende Werte wurden im Rahmen der Diplomarbeit erarbeitet bestätigt:

- 10% Einarbeitung
- 25% Wissenserwerb
- 10% Implementierung
- 45% Pflege
- 8% Test
- 2% Dokumentation



Zentrale Bestandteile beim Einrichten und Betreiben eines Expertensystems sind demnach der Wissenserwerb und die Pflege der Daten. Diese beiden Punkte nehmen mehr als 2 Drittel der Zeit in Anspruch. Dieser Wert steigt je nach Umfang und Komplexität der Datenbasis. Ein Hauptgrund für den immensen Pflegeaufwand ist die Komplexität eines flugsicherungstechnischen Systems, jede Änderung eines Parameters hat weitläufige Auswirkungen, die in die Wissensdatenbank eingepflegt werden müssen. Ein menschlicher Experte kann solche Verknüpfungen einfacher und schneller begreifen, als ein Expertensystem.

Demnach macht es keinen Sinn, für jeden Standort ein eigenes Expertensystem zu implementieren. Man sollte vielmehr versuchen eine gemeinsame Datenbasis an unterschiedlichen Standorten zu nutzen. Dies ist aber durch die komplexe und sehr unterschiedliche Systemlandschaft bei der DFS nicht immer möglich.

6.3 Soziale Aspekte

Der Einsatz von Expertensystemen bietet viele Vorteile und kann unter gewissen Umständen die Beste Lösung sein. Durch den Einsatz eines Expertensystems kann man viel Geld sparen oder die Sicherheit eines Prozesses erhöhen. Im Bereich der Medizin werden Expertensysteme seit längerem erfolgreich eingesetzt und helfen Menschenleben zu retten oder die Lebensqualität durch bessere Diagnosen zu erhöhen. Allerdings gibt es auch durchaus Eigenschaften bzw. Nebenwirkungen eines Expertensystems, die man kritisch beleuchten muss.

So kann aus heutiger Sicht ein Expertensystem keinen menschlichen Experten überflüssig machen. Man kann nicht einen guten Arzt durch einen unqualifizierten Hilfsarbeiter und ein Expertensystem ersetzen. In vielen Bereichen ist weiterhin der persönliche Kontakt zum Experten gefordert. In sicherheitskritischen Bereichen werden hohe Anforderungen an die Qualität der Software gestellt, trotzdem ist es sinnvoll, die



Entscheidungen eines Expertensystems durch einen menschlichen Experten überprüfen zu lassen. Ein Mensch kann die Folgen seiner Entscheidung besser abschätzen als ein Computer. Durch die rasante Entwicklung im Bereich der Künstlichen Intelligenz werden in Zukunft Computersysteme eine Art „Bewusstsein“ entwickeln, solche Systeme können die Tragweite ihrer Entscheidung evtl. ähnlich gut beurteilen, wie ein menschlicher Experte. Menschen treffen oft Entscheidungen, die nicht rational begründbar und nachvollziehbar sind, trotzdem können diese Entscheidungen für das Funktionieren eines Gesamtsystems wichtig sein. Will man solche Entscheidungen durch ein Expertensystem reproduzieren, muss man dem System beibringen Gefühle zu entwickeln.

Ein weiteres Problem besteht in der Schnittstelle zwischen Mensch/Benutzer des Expertensystems und dem Expertensystem selbst. Eingaben auf klassischem Wege (Tastatur/Maus) sind sehr zeitaufwendig und erfordern vom Benutzer oft ein hohes Abstraktionsvermögen. Andere Methoden der Kommunikation stellen sehr hohe Anforderungen an das Expertensystem, sei es bei der Informationsaufnahme oder bei der Interpretation der Information und Filterung der relevanten Teile.

Menschen können auch implizit kommunizieren, ohne Worte oder Gesten zu verwenden. Man spürt manchmal was sein Gegenüber einem mitteilen will. In diesem Bereich sind noch viele Fragen offen. Bis man einen kompletten digitalen Experten schaffen kann, wird noch viel Zeit vergehen. Ein weiteres Problem, das an der Schnittstelle zwischen dem menschlichen Experten und dem Expertensystem angesiedelt ist, ist nicht zu unterschätzen. Wenn ein Experte durch ein Expertensystem ersetzt werden soll, wird er nicht bereit sein, den Aufbau des Systems zu unterstützen. Das heißt er wird sein Wissen für sich behalten oder versuchen das Expertensystem zu sabotieren. Dies kann in verschiedenen Ausprägungen und Intensitäten vorkommen. Wenn ein Mitarbeiter in dem



Aufbau und Einsatz eines Expertensystems einen Vorteil sieht, fällt es ihm leichter sein Wissen preiszugeben.

Ein wichtiger Punkt ist, dass der Experte das System nicht als Konkurrent sieht, sondern als Assistenzsystem, das ihm die Arbeit erleichtert. Hier sind in besonderem Maße die Führungskräfte gefordert, offen und ehrlich mit den Mitarbeitern/Experten zu kommunizieren. Der Einsatz von Expertensystemen in einem Flugzeug bedeutet nicht, dass der Pilot arbeitslos wird oder dass ein Taxifahrer nun den Job des Piloten übernehmen könnte. Aber die Arbeit des Piloten wird durch den Einsatz eines Assistenzsystems (Expertensystem) evtl. angenehmer und das Ergebnis qualitativ hochwertiger.

7 Die Entwicklungsumgebung D3

7.1 Überblick

Um ein Expertensystem zu entwickeln braucht man nicht selbst C oder Lisp programmieren zu können. Es existieren Frameworks, die man nur noch mit der jeweiligen Wissensbasis erweitern muss. Beispielsweise D3. Dieses Programm bietet zahlreiche Werkzeuge, mit denen man sich sein Expertensystemeinfach zusammenbauen kann, ohne dazu einen Compiler benutzen zu müssen. D3 wurde an der Universität Würzburg entwickelt und dient einigen Firmen als Basis ihrer kommerziellen Produkte. Diese Firmen bieten kostenpflichtigen Support und entwickeln auf Anfrage auch Zusatz- bzw. Erweiterungsmodule. Eine Weiterentwicklung des D3 Framework nennt sich d3web und ist in Java programmiert. Deshalb eignet sich d3web sowohl zur Anwendung im Browser, als auch zur Einbindung in eigene Java-Applikationen. Mit d3web ist es möglich verteilte wissensbasierte Systeme zu bauen, die man zentral warten kann, die aber an fast jedem beliebigen Standort und in großer Anzahl eingesetzt werden können. Die zentrale Wartung ist ein entscheidender Punkt, der unter Umständen ein hohes Einsparpotential zur Folge hat.

7.2 D3

Die Entwicklungsumgebung D3 ist als Windows Binary auf der Webseite der Uni Würzburg verfügbar. Die Installation unter Windows XP verlief ohne Probleme. Im Umfang des Programms befinden sich auch einige Beispielanwendungen.

Die Wissensengabe erfolgt grafisch mittels Diagrammen und Tabellen, allerdings ist einiges an Vorarbeit und Planung nötig, um eine Wissensbasis komplett zu implementieren. Man muss sich zuerst Gedanken über das zu analysierende System machen. Sinnvoll ist die Bottom-Up-

Vorgehensweise. Man überlegt sich welche Maßnahmen man im Fehlerfall höchstens durchführt. Dies kann der Austausch einer Komponente sein, oder ein Anruf bei der Hotline des Herstellers. Anschließend werden die Symptome aufgeschrieben, die zu der Maßnahme führen. Im einfachsten Fall führt genau ein Fehler zu einer Diagnose, wenn sich ein Fehler aber nur durch mehrere Symptome beschreiben lässt, muss man einen verzweigten und mehrschichtigen Entscheidungsbaum aufbauen. Jedes Fehlersymptom wird anhand einer oder mehrerer Fragen überprüft. In einer Entscheidungsmatrix wird dann hinterlegt, welche Antworten zu welcher Diagnose führen.

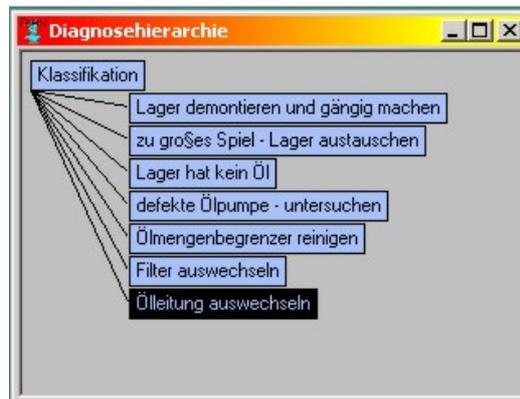


Abbildung 4: Diagnosehierarchie

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt Vorgehensweise beim Erstellen einer neuen Wissensbasis. Voraussetzung ist aber ein ausgefülltes Wissenserwerbs-Sheet, anhand dessen man die Daten in die Dialoge des D3 eingibt. Ein Beispiel-Wissenserwerbs-Sheet befindet sich im Anhang.

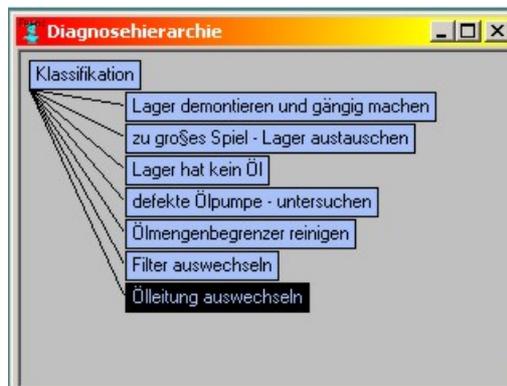


Abbildung 5: Diagnosehierarchie

Arbeitsschritte zur Erstellung einer neuen Wissensbasis

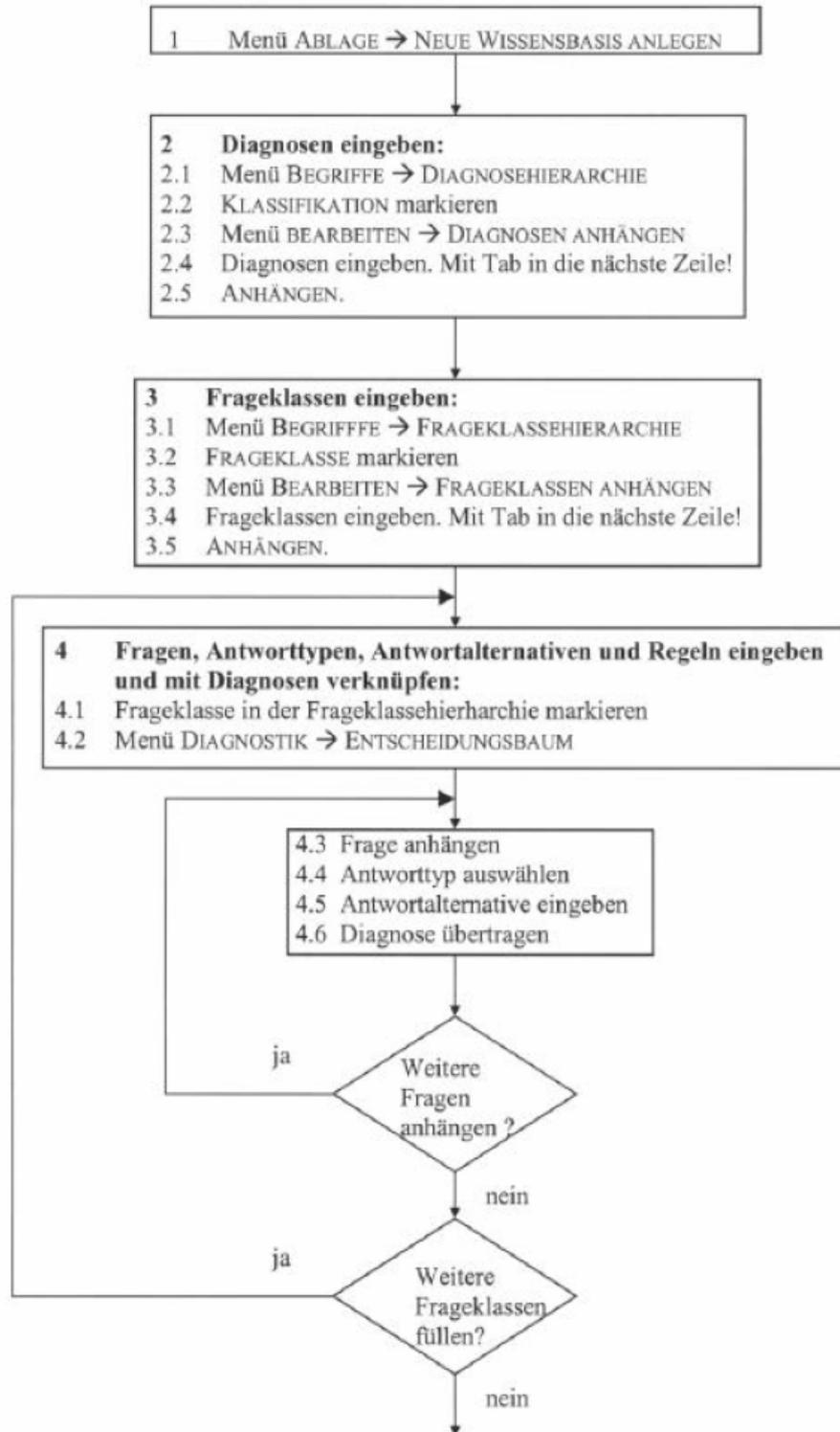


Abbildung 6: Ablaufdiagramm Erstellung eines XPS

Nach dem Start des D3 Frameworks wählt man zuerst im Menüpunkt Ablage den Eintrag Neue Wissensbasis anlegen. Nun erscheint ein Fenster mit dem Titel Diagnosehierarchie. In diesem Fenster steht nur ein Eintrag Klassifikation. Wenn dieser Eintrag markiert wurde muss nun im Menü Bearbeiten der Eintrag Diagnose anhängen ausgewählt werden. Im darauf erscheinenden Dialogfenster können nun die verschiedenen Diagnosen aus dem Wissenserwerbs-Sheet eingetragen werden. Durch einen Klick auf OK werden die Diagnosen nun an Klassifikation angehängt. Damit ist der Aufbau der Diagnosehierarchie abgeschlossen. Die Eingabe der Frageklassen funktioniert prinzipiell genauso wie die Eingabe der Diagnosen. Man markiert das Objekt Frageklassen im Fenster Frageklassenhierarchie. Anschließend wählt man im Menüpunkt Bearbeiten den Unterpunkt Frageklassen anhängen. Wenn man die im Wissenserwerbs-Sheet erarbeiteten Fragen sinnvoll in mehrere Kategorien aufteilen kann, gibt man diese in das erscheinende Dialogfeld ein und bestätigt mit OK.

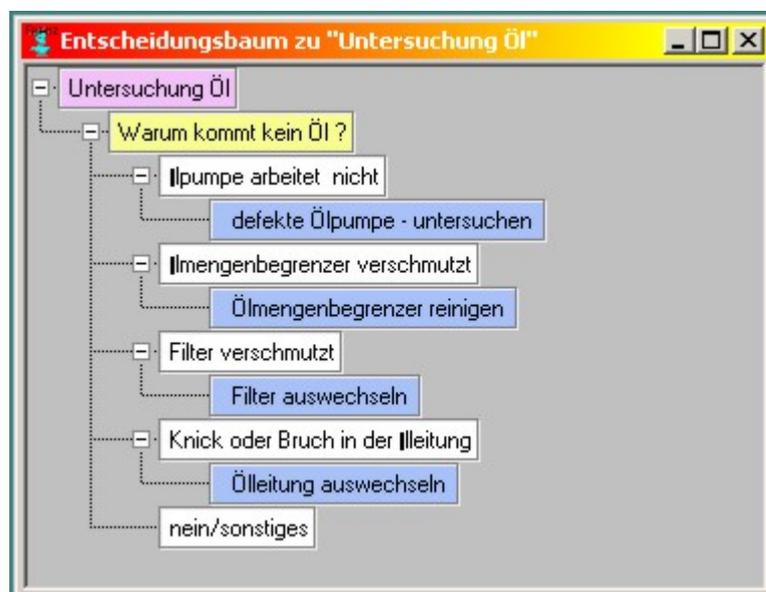


Abbildung 7: Entscheidungsbaum

Der Entscheidungsbaum ist das Herzstück der Wissensbasis. Hier werden die konkreten Fragen eingegeben, die dem Anwender gestellt werden. Für jede Frage kann man einen Antworttyp festlegen. Dies geschieht durch



einen Klick auf die entsprechende Frage. Als Antworttypen stehen Folgende zur Auswahl

- One Choice
- Multiple Choice
- Ja/Nein
- Numerische Intervalle

Nachdem man eine Antwortkategorie ausgewählt hat, erscheinen Platzhalter für die Antwort. Jedem Platzhalter kann man nun eine Diagnose zuweisen. Alternativ kann man auch weitere Fragen oder ganze Fragekategorien an eine bestimmte Antwort knüpfen. Mit dieser Methode kann man sehr komplexe Entscheidungsbäume aufbauen.

Wenn mehrere Symptome zu einer Diagnose führen, dann reicht die Baumstruktur nicht mehr aus. Hier muss man komplexe Entscheidungsgraphen erstellen. Dazu wählt man im Menü Diagnostik das Untermenü Diagnostikregel und hier den Punkt Regel zur Herleitung einer Diagnose. Im nun erscheinenden Dialogfenster klickt man auf Objekte und wählt anschließend Frage suchen. Man bekommt nun alle in der Wissensbasis verfügbaren Fragen aufgelistet. Nachdem man die erste relevante Frage ausgewählt hat erscheint diese mit der Standardantwort im Feld Bedingungen. Nun kann man die Antwort anpassen. Alle weiteren Fragen werden nach dem gleichen Schema in das Feld eingetragen. Als nächstes muss der Typ der Bedingung ausgewählt werden. Schließlich trägt man die daraus folgende Diagnose in das dafür vorgesehene Feld ein. Die Regel kann man mit einer Wahrscheinlichkeit ergänzen, die auf Erfahrungswerten beruht und die für den User meist sehr hilfreich ist. Erklärungen und Kommentare werden dem User nach der Diagnose angezeigt, hier sollte man ein paar Worte über den speziellen Fall schreiben. Durch einen Klick auf OK wird die Regel in die Wissensbasis übernommen.

So wird die Wissensbasis mit Inhalt gefüllt. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten komplexere Regeln zu definieren, allerdings würde dies den Rahmen der Ausarbeitung sprengen.

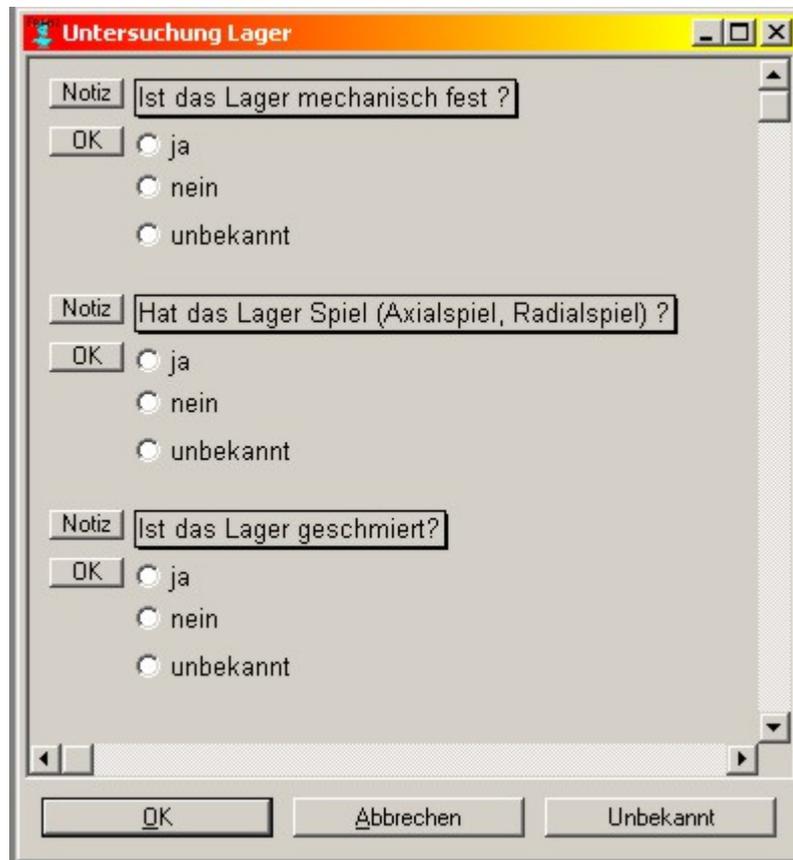


Abbildung 8: Dialogansicht

Das Framework D3 ist gut geeignet, um ein Expertensystem zu implementieren. Es existieren zahlreiche Erweiterungen, die beispielsweise das Teamwork vereinfachen oder die Oberfläche ansprechender gestalten. Soll das System dynamisch während seiner Einsatzzeit wachsen, kann man auf die Anbieter kommerzieller Erweiterungen zurückgreifen.



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau eines Expertensystems	9
Abbildung 2: Abduktion / Deduktion	12
Abbildung 3: Aufbau eines Diagnosesystems	13
Abbildung 4: Diagnosehierarchie	22
Abbildung 5: Diagnosehierarchie	22
Abbildung 6: Ablaufdiagramm Erstellung eines XPS	23
Abbildung 7: Entscheidungsbaum	24
Abbildung 8: Dialogansicht	26



Literaturverzeichnis

1. STEINMÜLLER, Dr. Johannes; Expertensysteme, TU Chemnitz, Sommersemester 2005
2. SCHMITZ, Arne; Diplomarbeit: Studie zum Einsatz eines Expertensystems in der DFS. Karlsruhe: 2004
3. SCHADE, Toralf; Belegarbeit: Expertensystem – Was ist das?
4. Webportal: <http://www.wikipedia.org>