Untersuchungen über die Realisierungsmöglichkeiten eines rechnergestützten Beratungssystem für den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen

Publikation:

Vom wissenschaftlichen Rat der Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde / Wustrow zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation, vorgelegt von Dipl.-Ing. Jörg Listemann, eingereicht am 31.10.1988 und verteidigt am 01.06.1989.

Kurzreferat (10/1988):

In der vorliegenden Arbeit werden die Realisierungsmöglichkeiten für ein Beratungssystem untersucht, das den Entwicklungsingenieur beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen mit der Bereitstellung und auch Verarbeitung von Fachwissen unterstützen soll. Dieses in drei Varianten vorgestellte Beratungssystem besteht aus zwei einander ergänzenden, jedoch autonom nutzbaren Hauptkomponenten: einem Expertensystem und einem analytischen Bewertungssystem.

Nach einer Einführung in den Aufbau und die Arbeitsweise der beiden Hauptkomponenten wird der Versuch unternommen, das für den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen relevante Fachwissen systematisch zusammenzutragen. Hierauf bauen nun die folgenden Abschnitte mit ihren Vorschlägen bzw. Hinweisen zur Gestaltung einer gemeinsamen Wissensbasis, der Problemlösungsmechanismen sowie der Benutzerschnittstelle auf. Zahlreiche Abbildungen, Tabellen und Demonstrationsbeispiele dienen dabei der besseren Veranschaulichung.

Die vorliegende Arbeit stellt zugleich ein Konzept für die Entwicklung eines Beratungssystems dar, das die derzeit (Anmerkung des Verfassers: Ende der 80-er Jahre) zur Verfügung stehenden CAD-Systeme für den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen um weitere Leistungen zu ergänzen vermag.

Vorwort des Verfassers (09/2014):

Die Dissertation wurde zu einer Zeit geschrieben, als für mich der wirtschaftliche und politische Zusammenbruch der DDR weder denk- noch absehbar war. Sicherlich gab es in den Betrieben diverse Material- und Lieferengpässe und in den Geschäften stand man für Südfrüchte und Jeans schon einmal Schlange, aber ich selber ging mehr in meiner interessanten Arbeit als Leiter einer Stabsgruppe für die Einführung komplexer EDV-Systeme in unserem Großbetrieb, dem damaligen VEB Warnowwerft Warnemünde, und in der Beschäftigung mit Expertenberatungssystemen auf.

Meine außerplanmäßige Aspirantur, in derem Rahmen die Dissertation geschrieben wurde, kam auf Anfrage eines Kollegen zu Stande, der mit dem damaligen Rektor der Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde / Wustrow bekannt war: Dieser suchte einen Diplomingenieur, der sich noch einmal wissenschaftlich mit dem exklusiven Thema „Expertensysteme im Schiffbau“ befassen wollte. In den 80-er Jahren hatte man weltweit begonnen, sich mit den praktischen Einsatzmöglichkeiten der „Künstlichen Intelligenz“ (KI bzw. AI) zu befassen, und eine renommierte wissenschaftliche Bildungseinrichtung, wie es damals die Ingenieurhochschule schon war, wollte sich hier mit einbringen. Im Übrigen war auch ich selbst Absolvent dieser geachteten Bildungseinrichtung.

Bereits schon einige Jahre in der Werft als Konstruktuer und Projektant für schiffbauliche Rohrleitungssysteme, dann als wisschenschaftliche Mitarbeiter beim Hauptkonstrukteur und später beim Werftdirektor selbst und anschließend als Leiter von zwei Stabsgruppen für die

rechnergestützte Rationalisierung betrieblicher Prozesse in der Erzeugnisentwicklung und dann im Gesamtbetrieb beschäftigt, verfügte ich für meine wissenschaftliche Arbeit über ein gewisses Verständnis für komplexe Prozesse und Systeme. Und ich hatte auch einen recht guten Zugang zu vielen Informationen, Dokumenten, technischen Mitteln und Personen, die ich für meine wissenschaftlichen Studien benötigte. Für all das bin ich außerordentlich dankbar, was ich an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich betonen möchte.

Die vorliegende Dissertationsschrift wurde unter dem Textverarbeitungsprogramm WORDSTAR auf einem Bürocomputer des Typs ROBOTRON A-5120 geschrieben, der auch für diverse Tests unter der Programmiersprache PROLOG (für das Expertensystem) und dem Kalkulationsprogramm MULTICALC (für das analytische Bewertungssystem) zur Verfügung stand. Diese EDV-technischen Hilfsmittel sind mit den heutigen Möglichkeiten nicht mehr zu vergleichen. Nach einer drastischen Entwicklung in der rechnergestützten Informationsverarbeitung innerhalb von 25 Jahren ist es nunmehr möglich, anschaulichere Grafiken zu erstellen als auf Pseudografiken zurückzugreifen. Auch können weitaus schneller umfangreiche Tests unter PROLOG gefahren werden.

Allerdings scheint der Gegenstand der Dissertation selbst auch heute noch aktuell zu sein, wie diverse Internet-Recherchen ergaben, denn Expertenberatungssysteme scheinen bei der Entwicklung von schiffbaulichen Systemen immer noch keinen Einsatz zu finden - eventuell gibt es solche auch noch gar nicht. Der Hauptgrund mag darin liegen, dass die systematische Aufbereitung von ingenieurtechnischen und -ökonomischen Fachwissen einfach etwas mühselig ist und man sich heute bei seiner Entscheidungsfindung eher auf die Ergebnisse von Internet-Recherchen verlässt. Jedoch ist der menschliche Verstand, der komplexes Fachwissen für eine Entscheidungsfindung aufbereiten muss, recht beschränkt und unvollkommen - nicht umsonst hat man ja die EDV immer weiter entwickelt. Warum findet die „Künstliche Intelligenz" eher in Navigationssystemen und Computerspielen Anwendung als in der Industrie ?

Für mich selbst, der ich nach 25 Jahren nahezu aus heiterem Himmel inspiriert wurde, meine Dissertation der Öffentlichkeit anzubieten, weil das Thema eventuell doch noch einmal ein fachliches Interesse finden könnte, haben sich auch noch ganz persönliche Erkenntnisse ergeben:

Wenngleich wir mit diversen mentalen Trainingsversuchen und scheinbar immer ausgereifteren technischen Hilfsmitteln versuchen, hinter die Geheimnisse des rationalen Denkens zu steigen, um dieses besser zu beherrschen, gibt es ganz offensichtlich eine noch höhere Instanz, die das Gelingen oder Misslingen all unseres logischen Tuns beeinflusst. Nicht umsonst gibt es solche Sprüche, wie „Der Mensch denkt, aber Gott lenkt" oder „Wenn Du Gott zum Lachen bringen willst, erzähle ihm von Deinen Plänen". Es ist zwar sehr interessant, das menschliche Denken mit Computerhilfe nachzuvollziehen und gegebenenfalls zu unterstützen, aber die menschliche Entscheidung wird einem letztlich doch nicht abgenommen - vielleicht ist gerade das die Würze unseres Lebens ?

Im Zuge meiner Recherchen lernte ich den deutsch-amerikanischen Informatiker und Gesellschaftskritiker *Joseph Weizenbaum* (*08.01.1923, †05.03.2008) kennen und sehr schätzen. Er hat sich mit der „Künstlichen intelligenz" (KI) besonders intensiv befasst und im Ergebnis seines Schaffens erkannt, dass jedes Ding seine zwei Seiten hat, die gerade von den Verantwortlichen selbstkritisch hinterfragt werden sollten. Zumeist sind es die Wissenschaftler und Techniker, die in eine gewisse Euphorie geraten, wenn sie zu neuen Erkenntnissen und herausragenden Erfolgen gelangten. Dabei interessiert es sie wenig, wer ihre Arbeiten tatsächlich finanziert und warum, viel seltener noch, was dann damit in der Praxis angestellt wird. Wir sollten allerdings lernen, auch unsere eigenen Schattenseiten zu beleuchten !

Untersuchungen ueber die Realisierungsmoeglichkeiten eines rechnergestuetzten Beratungssystems fuer den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen

Vom wissenschaftlichen Rat der
Ingenieurhochschule fuer Seefahrt Warnemuende/Wustrow
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur
(Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

vorgelegt von : Dipl.-Ing. Listemann, Joerg

eingereicht am : 31.10.1988

verteidigt am : 01.06.1989

Rektor : Prof. Dr. sc. techn. M o e c k

Vorsitzender
der Kommission : Prof. Dr. sc. techn. F r i e d l

Gutachter : 1. Prof. Dr. sc. techn. M o e c k
Ingenieurhochschule fuer Seefahrt
Warnemuende/Wustrow
Rektor

2. Prof. Dr. sc. techn. K o e n i g
Ingenieurhochschule fuer Seefahrt
Warnemuende/Wustrow
Sektion Schiffbautechnologie

3. Prof. Dr. sc. techn. W e r n s t e d t
Technische Hochschule Ilmenau
Sektion Technische und biomedizinische
Kybernetik

K u r z r e f e r a t

In der vorliegenden Arbeit werden die Realisierungsmoeglichkeiten fuer ein Beratungssystem untersucht, das den Entwicklungsingenieur beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen mit der Bereitstellung und auch Verarbeitung von Fachwissen unterstuetzen soll. Dieses in drei Varianten vorgestellte Beratungssystem besteht aus zwei einander ergaenzenden, jedoch autonom nutzbaren Hauptkomponenten, einem
- Expertensystem und einem
- analytischen Bewertungssystem.
Nach einer Einfuehrung in den Aufbau und die Arbeitsweise der beiden Hauptkomponenten wird der Versuch unternommen, das fuer den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen relevante Fachwissen systematisch zusammenzutragen. Hierauf bauen nun die folgenden Abschnitte mit ihren Vorschlaegen bzw. Hinweisen zur Gestaltung einer gemeinsamen Wissensbasis, der Problemloesungsmechanismen sowie der Benutzerschnittstelle auf. Zahlreiche Abbildungen, Tabellen und Demonstrationsbeispiele dienen dabei einer besseren Veranschaulichung.
Die vorliegende Arbeit stellt zugleich ein Konzept fuer die Entwicklung eines Beratungssystems dar, das die derzeit zur Verfuegung stehenden CAD-Systeme fuer den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen um weitere Leistungen zu ergaenzen vermag.

Inhaltsverzeichnis
==================

Abschnitt	Titel	Seite
0.	Einfuehrung	5
1.	Problemstellung	6
2.	Zielstellung	11
3.	Kurzbeschreibung von Expertensystemen	17
3.1.	Charakteristik und Einsatzgebiete von Expertensystemen	17
3.2.	Aufbau und Arbeitsweise von Expertensystemen	17
3.2.1.	Zur Wissensbasis	18
3.2.2.	Zum Inferenzmechanismus	21
3.2.3.	Zur Benutzerschnittstelle	22
3.3.	Entwicklungsstand von Expertensystemen	22
4.	Konzept fuer ein analytisches Bewertungssystem	25
4.1.	Aufbau und Arbeitsweise des Bewertungssystems	25
4.1.1.	Zu den Datenbasisstrukturen	26
4.1.2.	Zum Analysemechanismus	28
4.1.3.	Zur Benutzerschnittstelle	31
4.2.	Realisierungsmoeglichkeiten fuer ein analytisches Bewertungssystem	32
5.	Vorschlaege und Hinweise fuer die Zusammenstellung des Expertenwissens	33
5.1.	Wissenskomplex Funktion	34
5.1.1.	Die Leistungsparameter	34
5.1.2.	Die Betriebsbedingungen	36
5.2.	Wissenskomplex Konstruktion	39
5.2.1.	Die Dimensionierung	39
5.2.2.	Die Gestaltung	40
5.3.	Wissenskomplex Technologie	42
5.3.1.	Der Fertigungsaufwand	42
5.3.2.	Der Vorbereitungsaufwand	43

5.3.3.	Der Transport- und Lageraufwand	43
5.3.4.	Der Montageaufwand	44
5.3.5.	Der Erprobungsaufwand	44
5.3.6.	Der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	45
5.4.	Wissenskomplex Oekonomie	46
5.4.1.	Oekonomische Effektivitaet im Seetransport	46
5.4.2.	Oekonomische Effektivitaet im Schiffbau	47
5.5.	Die Beziehungen zwischen Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie	53
5.5.1.	Die Einheit von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie	53
5.5.2.	Die Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie	56
5.5.3.	Der Einfluss einer optimalen Gestaltung ausgewaehlter Schiffsmaschinenanlagen auf abhaengige andere Systeme	58
6.	Vorschlaege und Hinweise fuer die Realisierung des Beratungssystems	61
6.1.	Entwurf einer gemeinsamen Wissensbasis	62
6.2.	Vorschlaege zur Realisierung des Inferenz- und Analysemechanismus	72
6.2.1.	Aufgaben und Arbeitsweise des Inferenzmechanismus	72
6.2.2.	Kennziffernzuordnung fuer komplexe und komplizierte Schiffsmaschinenanlagen	77
6.2.3.	Einbindung des Variantenvergleichs auf Basis gleicher Groessen in den Entwurfsprozess	78
6.3.	Hinweise fuer die Gestaltung der Benutzerschnittstelle	84
6.3.1.	Vorschlag fuer die Gestaltung der Bildschirmmaske	84
6.3.2.	Vorschlag fuer die Menuegestaltung	85
6.3.3.	Gestaltungshinweise fuer Hilfsinformationen und die Darstellung der Loesungswege	88
7.	Schlussbetrachtungen	90
	Quellenverzeichnis	
	Verzeichnis der Abbildungen	

Verzeichnis der Tabellen

Verzeichnis der Beispiele

Verzeichnis der Anlagen

Anlagen

Thesen

Erklaerung

0. Einfuehrung

Der moderne Schiffbau als Ergebnis einer Entwicklung, die die gesamte menschliche Geschichte begleitete, stuetzt sich auf wissenschaftlich begruendete Entwurfsverfahren und einen ueber Generationen weitergegebenen Erfahrungsschatz. Stets stand beim Entwurf neuer Schiffe die Gewaehrleistung des vom Auftraggeber geforderten Gebrauchswertes im Vordergrund. Die sich in den 70-er Jahren anbahnende kapitalistische Schiffbaukrise hat dazu gefuehrt, dass die Anforderungen an den internationalen Schiffbau bedeutend anwuchsen. Besondere Kennzeichen hierfuer sind die komplexen Anspruche an die Ausruestung der Schiffe (energieoekonomische Antriebsanlagen, rationelle Umschlagstechnik, hoher Automatisierungsgrad), aber auch an die Leistungsfaehigkeit der Werften (hohe Flexibilitaet gegenueber wechselnden Kundenanforderungen, kurze Entwicklungs- und Bauzeiten, Sicherung der geforderten Gebrauchswerteigenschaften).
Die Schiffbauindustrie hat sich weltweit hierauf eingestellt und mit durchgreifenden Rationalisierungsmassnahmen sowohl im Bereich der Erzeugnisentwicklung als auch in der Fertigung begonnen. Derzeit befinden sich schon zahlreiche Schiffsentwurfssysteme auf leistungsfaehigen Datenverarbeitungsanlagen im praktischen Einsatz, an die mikrorechnergesteuerte Fertigungstechnik angebunden ist (/145/-/149/, /161/-/170/, /172/-/177/).
Alle diese Systeme sind darauf ausgerichtet, insbesondere die Erzeugnisentwicklung und Fertigungsvorbereitung produktiver und effizienter zu gestalten. Bei ihrer Entwicklung wurde ein hoher Wert auf die Automatisierung aller hier ablaufenden Routineprozesse, wie Recherchieren, Berechnen, Darstellen und Dokumentieren, gelegt (/142/). Eine Entlastung von diesen zeitaufwendigen Aufgaben kommt nunmehr der kreativen Arbeit im Entwurfsprozess zugute. Hierfuer stehen allerdings noch sehr wenige Hilfsmittel zur Verfuegung, wird ihnen doch ein gewisser Intellekt abverlangt (/198/). Dennoch befinden sich bereits Systeme mit kuenstlicher Intelligenz (KI) in Entwicklung, die als kuenftige Partner des Ingenieurs in die schoepferische Arbeit eingebunden werden (/79/-/80/, /84/-/100/, /103/, /105/, /108/-/109/, /124/, /127/, /138/, /140/-/142/, /181/-/185/).

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind Untersuchungen ueber die Realisierungsmoeglichkeiten fuer ein rechnergestuetztes System, das den Entwicklungsingenieur beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen beraten kann.

1. Problemstellung

Die Absatzfaehigkeit schiffbaulicher Erzeugnisse ist heute unter den international angespannten Marktbedingungen entscheidend von einer Reihe wert- und gebrauchswertorientierter Faktoren abhaengig, die bereits beim Schiffsentwurf bedacht werden muessen. Sie alle wollen in ein sowohl fuer die Schiffswerft als auch den Schiffsbetreiber akzeptables Verhaeltnis gebracht werden, in ein Optimum. Insbesondere beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen erweist sich eine solche Aufgabe als sehr anspruchsvoll, sind doch diese technischen Systeme von einer hohen Komlexitaet und Kompliziertheit gekennzeichnet. Der Entwicklungsingenieur benoetigt hierzu ein umfangreiches Fachwissen und Arbeitsmittel, mit deren Hilfe er dieses Wissen effektiv verarbeiten kann.

Worin liegen die Probleme, die bisher einen optimalen Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen erschwerten? Sie koennen folgendermassen umrissen werden:

1. Unvollkommene objektbezogene Bedingungen
   Hiermit sei die Verfuegbarkeit von umfassenden Informtionen zum Entwicklungsgegenstand gemeint, auf die der Entwicklungsingenieur bei der Bearbeitung einer konkreten Aufgabe zurueckgreifen muss, wie z.B.
   - Aufbau und Funktion der zu entwickelnden Schiffsmaschinenanlagen sowie ihrer Elemente
   - Einsatzbedingungen und Betriebserfahrungen mit bereits realisierten Projekten

2. Unzureichende prozessbezogene Bedingungen
   Darunter sind die Moeglichkeiten zur Bearbeitung einer Entwicklungsaufgabe unter Einbeziehung aller o.g. Informationen zu verstehen, wie u.a.
   - zur Verfuegung stehende Arbeitsmittel und bestehende Arbeitsorganisation, aus denen der zu betreibender Aufwand bei der Bearbeitung einer Entwicklungsaufgabe resultiert
   - Kenntnis des Bearbeitungsalgorithmus und der Informationsquellen sowie der vorausgehenden und nachfolgenden Bearbeitungsprozesse

Wenngleich bereits Mittel fuer die effektive Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben genutzt werden koennen, wie z.B. CAD-Systeme, weisen auch diese noch eine Reihe von Maengeln auf. So setzen CAD-Systeme insbesondere die Kenntnis der Verfahren und Algorithmen zur Loesung einer Aufgabenstellung sowie ein umfangreiches Faktenwissen zum Entwicklungsgegenstand voraus. Dieses prozess- und objektbezogene Wissen wird jedoch erst mit wachsender Berufserfahrung erworben. Durch CAD-Systeme bei der Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben geleistete Hilfestellungen erschoepfen sich dagegen in einem ausgewaehlten Angebot an Daten und Prozeduren, das zumeist ueber Menues zur Verfuegung gestellt wird. Alleine die Daten als objektbezogenes und die Prozeduren als prozessbezogenes Wissen vertreten lediglich einen bestimmten Teil des Gesamtwissens eines Experten. Daten sind durch ihre Eindeutigkeit definierbar und Prozeduren spiegeln bekannte Gesetzmaessigkeiten wider. Objektbezogenes Wissen, das sich nicht klar umreissen laesst, wie z.B. Fakten oder unscharfe Daten, sowie prozessbezogenes

Wissen, das noch nicht fundiert beweisbar ist, wie Regeln und Thesen, koennen mit den gegenwaertigen CAD-Systemen noch nicht verarbeitet werden.
Ein weiterer Mangel stellt sich in den fehlenden Moeglichkeiten zur Beratung des Entwicklungsingenieurs bei der Bearbeitung von ausgewaehlten Aufgabenstellungen dar. So kann zumeist nur auf das eigene Fachwissen zurueckgegriffen werden, wenn keine weiteren Experten bei bestimmten Problemen fuer Konsultationen zur Verfuegung stehen. Es ist damit zu rechnen, dass bedeutsame wissenschaftlich-technische Erkenntnisse bzw. Erfahrungen keine Beruecksichtigung finden. Das trifft auch fuer tangierende Fachgebiete zu, die im allgemeinen im Zuge der eigenen Spezialisierung immer mehr vernachlaessigt wurden. Ein somit herausgebildetes Strukturdenken birgt die Gefahr in sich, insbesondere Folgeprozesse, wie z.B. eine oekonomische Fertigung des Erzeugnisses, nicht in die eigenen Ueberlegungen einzubeziehen. Andererseits fehlt es an Arbeitsmitteln und Verfahren, das zur Verfuegung stehende Gesamtwissen effizient zu verarbeiten. So sind u.a. Variantenvergleiche, Optimierungsrechnungen und Prognoseverfahren erforderlich (/214/).

Zur Loesung der dargestellten Probleme ist es notwendig, dem Entwicklungsingenieur ein weiteres Arbeitsmittel zur Verfuegung zu stellen, das die bereits im Einsatz befindlichen CAD-Systeme sinnvoll ergaenzt. Dieses Arbeitsmittel muss folgende zwei Leistungen erbringen:

1. eine objektbezogene Beratung (Repraesentation des Wissens zum Entwicklungsgegenstand, Analyse, Variantenvergleich, Optimierung)

2. die prozessbezogene Beratung (Fuehrung bzw. Beratung des Entwicklungsingenieurs bei der Bearbeitung einer Aufgabe)

Wie u.a. aus Tab. 1'1 ersichtlich, befinden sich rechnergestuetzte Systeme fuer die Beratung der Entwicklungsingenieure beim Entwurf von Schiffen offenbar noch nicht im Einsatz. Die Komponenten der analysierten bekanntesten Schiffsentwurfssysteme (/145/-/149/, /173/-/176/, /189/, /191/-/195/) beinhalten ausschliesslich alle in Prozeduren umgesetzten Algorithmen fuer
- schiffstheoretische, Festigkeits- und Systemberechnungen
- die Anfertigung von Zusammenstellungs- und Einzelteilzeichnungen, Schemen, Diagrammen u.ae.
- die Erstellung von Stueck-, Materialbestell- und anderen Listen
- die Bereitstellung von maschinenlesbaren NC-Daten.

Auch bei der Nutzung dieser CAD-Systeme wird vorausgesetzt, dass der Entwicklungsingenieur ueber das oben beschriebene Fachwissen verfuegt. Dem Verfasser zugaengliche Konzepte fuer die durchgaengige rechnergestuetzte Rationalisierung aller Informationsverarbeitungsprozesse im DDR-Schiffbau, insbesondere in der Erzeugnisentwicklung und Fertigungsvorbereitung, aus den Jahren 1986-88 (/150/-/152/, /212/) sehen noch keine Integration von derartigen wissensbasierten Systemen vor. Zahlreiche internationale und inlaendische Veroeffentlichungen lassen jedoch darauf schliessen, dass an Beratungs- und Expertensystemen fuer die unterschiedlichsten Fachgebiete seit wenigen Jahren intensiv gearbeitet wird (/79/-/100/, /103/-/105/, /108/-/109/, /124/, /127/, /140/-/142/, /157/-

/160/, /181/-/182/). So sind unter anderem auch die in /183/-/185/ und /196/ erlaeuterten schweisstechnischen Expertensysteme fuer den Schiffbau von Interesse. Es bleibt zu vermuten, dass derartige Systeme fuer den Schiffsentwurfsprozess zumindest konzipiert sind (/138/), wenn nicht bereits entsprechende Entwicklungsarbeiten laufen.

Tab. 1'1: Komponenten der gegenwaertig international bekanntesten rechnergestuetzten Schiffsentwurfssysteme (/145/-/149/, /155/)

CAD-System	Komponenten und ihre Leistungen
"AIDS" (Italcantieri Trieste/Italien)	- Speicher (STORY) - Schiffsformen (FORMS) - Hydrostatische Berechnungen (HYDRO) - Modellierung (MODDEF) - Schiffslinienentwurf (LINES) - Konturlehren (MOULD) - Bauteilgenerierung (PARGEN) - Materialausnutzung (GAIN)
"AUTOKON" (AUTOKON CIM SYSTEMS A.S. Oslo/Norwegen)	- 2D-System "STARTER5": - Allgemeines 2D-Zeichnen (AUTODRAW) - Schematisches Zeichnen (CASS) - NC-Lochbandvorbereitung fuer das Brennen von Platten, Teilegenerierung und Anordnen (AUTOPART, AUTONEST) - 3D-System, Allgemeine Geometrie und Konstruktion: - 3D-Basis, Modellierung von Ebenen, Konstruktion mit Steifen einschliesslich Teilegenerierung - Modellierung verformter Konstruktionen mit Steifen einschliesslich Teilegenerierung - Schnitte ebener Teile - Knicken ebenen Teile - Modellierung von Unterzuegen, Decksbalken und Rohrleitungen - Anordnen (Verschachteln) - Dokumentation und Zeichnen - Farbschattierungen - 3D-System fuer Rohrleitungen und Ausruestung: - 3D-Basis, Rohrleitungsmodellierung und Isometrie (PIPING) - erweiterte Modellierung (einfache Komponenten, Durchfuehrungen, Kabelwege usw.) - Verbindungen zum Konstruktionsmodell - interdisziplinaere Kollisionskontrolle - Dokumentation und Zeichnen - NC-Rohrbiegen - Farbschattierungen
"BRITSHIPS" (British Maritime Technology Ltd.	- Schiffsentwurf (BRITDES): - konzeptioneller Schiffsentwurf (CODES) - Erzeugung der Vorentwurfs-Schiffsform (FORMGEN) - schiffbauliche Entwurfsberechnungen

Wallsend/England	(SFOLDS) - Definition der geometrischen Linien der Schiffsform (B-LINES) - Fleckenerzeugung fuer spezielle Geometrien (PATCHGEN) - Definition der geometrischen Oberflaeche (HULLSURF) - halbempirische hydrodynamische Methoden ("numerischer Schleppkanal"; SEHAM) - Schiffskoerpergeometrie-Berechnungen (HULLDAS) - stahlschiffbauliche Vorentwurfsberechnungen (RASDAS) - Aufschnueren (BRITLOPT): - Aussenhautaufteilung und Plattenabwicklung (BRITSHELL) - Bauteiledefinition und NC-Fertigung (BRITSHAPE) - Detailentwurf und Zeichnen (BRITDET): - stahlschiffbaulicher Entwurf (STWKDES) - maschinenbaulicher Entwurf (ENGDES) - Rohrleitungentwurf (PIPEDES) - Elektroentwurf (BRITELEC) - Ausruestungs- /Einrichtungsentwurf (OUTFIT)
"FORAN" (SENER SISTEMAS MARINOS S.A. (SENERMAR) Madrid/Spanien)	- Liniendefinition: - Formerzeugung (F3G) - Anpassen von Formen (F3T) - Hydrostatische Berechnungen (F3/1) - Definition von Decks und Schotten (F4) - Aufmasstabelle (F7) - Spant- und Wasserlinienriss, Bug- und Heckkonturen darstellen (F8) - Entwurfs-Subsystem: - Leistung, Propeller, Achtersteven, Ruder (F1) - Definition der Unterteilung, Rauminhalte; Querstabilitaet; Freibord; Kraengungsmomente fuer Getreidefahrt; Peiltabellen; Querstabilitaet einzelner Sektionen; Zeichnen der Unterteilung und einzelner Sektionen (F5) - Masseverteilung leeres Schiff; Ladebedingungen: - Trimm, statische und dynamische Stabilitaet - Laengsfestigkeit - Leckstabilitaet; flutbare Laengen (F6) - Fertigungs-Subsystem: - Standards (F9) - Profile; Aussenhautbeplattung; Decksbeplattung (F11) - Stahlbedarfsauflistung; Profilbiege- und -zuschnittsinformationen; Infomationen f. gebaute Profile; Aufmasse von Konturen ebener Paneele; Plattenbiegen und -markieren; Aufmasstabelle fuer Aussenhautplattenplan; Baulehren; Datenbankverwaltung; Verschachteln von kleinen Profil-

	teilen - Geometrie innerer Querschnitte (F14) - Erzeugung ebener Bauteile (F44) - Verschachteln von Plattenteilen (F55) - Material- und Stuecklisten nach Sektionen; Schwerpunktberechnungen von Sektionen; Teilelisten nach Fertigungscode; ESSI-Kontrolle des NC-Lochstreifens - Grafik/ Zeichnungserstellung (F25)
"SCHIFFKO" (Schiffskonstruktion und -entwicklung GmbH Hamburg/BRD)	- Schiffsformgenerierung: - "Outline-one" - "Outline-two" - SDK-Ausdruck - AUFMASSBUCH - LKON 03 - Strukturgenerierung: - EXTENDED CONTOURS - Pre-processor fuer EXTENDED CONTOURS - ATTRIBUTENDATEI - Aussenhautbearbeitung: - SCHIFFKO INTER-Shell one - SCHIFFKO INTER Shell two - Geometrieaufbereitung: - SCHIFFKO INTER-GEO 02 - MAKRO DATEI 01 - SCHIFFKO INTER-Split 01 - SCHIFFKO INTER-Lib (Parts) - NC-Bearbeitung: - SCHIFFKO INTER-Nest 01 - SCHIFFKO INTER-Cut 01 - SCHIFFKO INTER-Lib (Plates) - GEO-Editor - DUPLO - PRE-PLOT - Geometriedarstellung: - SCHIFFKO GEO-PLOT 03 - SCHIFFKO CADPLOT 01 - Profilausarbeitung: - SCHIFFKO INTER-Panel - OSS/OSB - SCHIFFKO INTER-Lib (Profiles) - Zeichnungserstellung: - SCHIFFKO INTER-Draw

2. Zielstellung

Mit der vorliegenden Arbeit soll ein Beitrag zur Entwicklung eines Beratungssystems fuer den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen geleistet werden. Das Fachwissen zu diesen Anlagen laesst sich, wie spaeter noch ersichtlich, recht gut systematisch zusammentragen und spiegelt zugleich die Komplexitaet und Kompliziertheit nicht nur der Anlage selbst, sondern auch der Wissensverarbeitung wider. Als staendiges Demonstrationsbeispiel wurde die Kraftstoffaufbereitungsanlage gewaehlt, die diesem Anliegen bestens Rechnung traegt.

Ein Beratungssystem zur Unterstuetzung des Entwurfs von Schiffsmaschinenanlagen ist in folgenden zwei Formen denkbar:

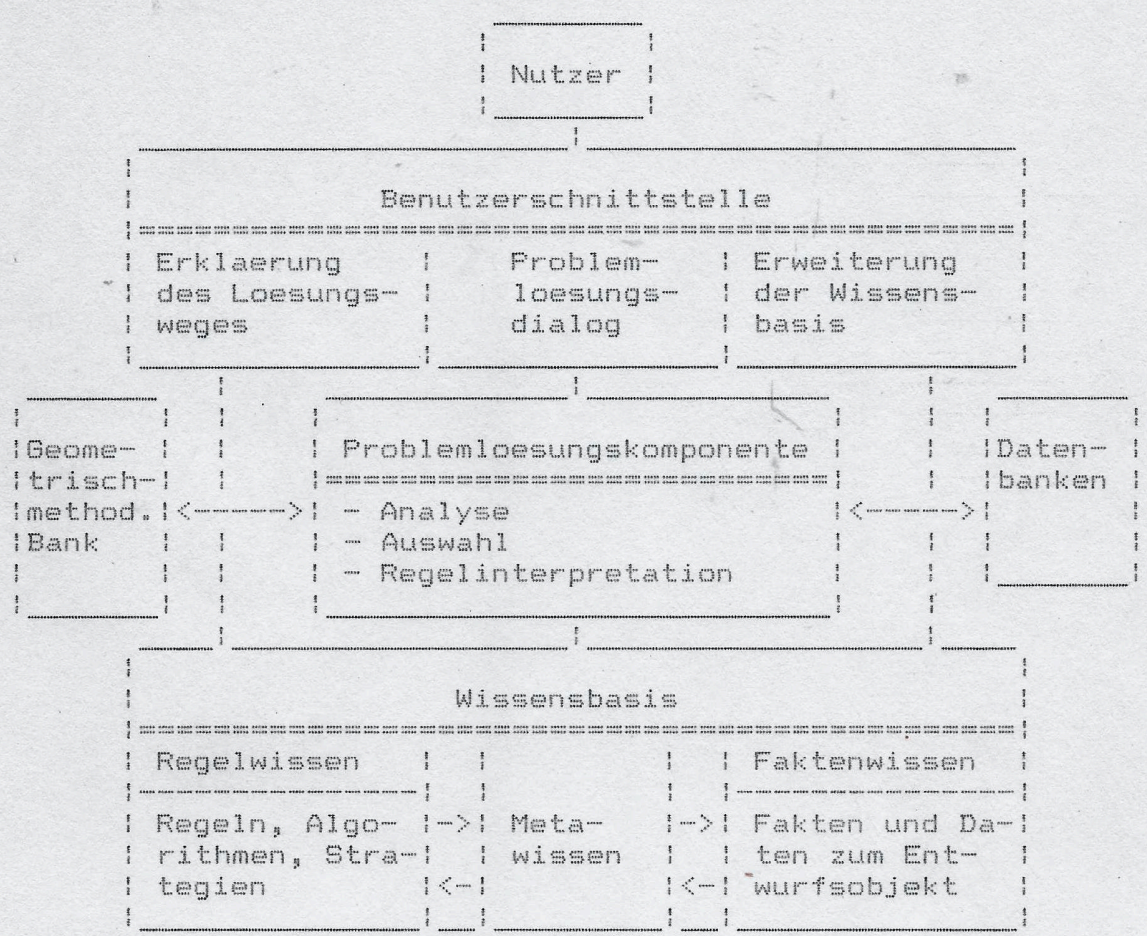
1. als in ein CAD-System fuer den interaktiven Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen integriertes System

2. als selbststaendiges Beratungssystems beim konventionellen oder interaktiven Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen

Die erste Variante beinhaltet eine einheitliche CAD-Loesung, bei deren Nutzung automatisch ein Beratungssystem aktiviert ist. Hier wird jeder Schritt bei der Loesung einer Entwurfsaufgabe von diesem integrierten System empfohlen, analysiert oder bewertet. Die andere Variante stellt den gleichzeitigen Betrieb zweier voneinander unabhaengiger Systeme dar. So liessen sich das CAD-System fuer den interaktiven Entwurf ohne Konsultation des Beratungssystems, beide zugleich oder aber auch nur letzteres alleine nutzen.
Waehrenddessen die oben beschriebene 1. Moeglichkeit als ein hochentwickeltes CAD-System angesehen werden kann, das jedoch auch entsprechend geeignete rechen- und programmtechnische Voraussetzungen erfordert (/198/), handelt es sich bei der 2. Moeglichkeit um eine einfache, aber dennoch hochwertige und in absehbarer Zeit realisierbare Loesung. Hierfuer sind die hard- und softwareseitigen Bedingungen schon gegeben, wozu in den folgenden Abschnitten noch naehere Ausfuehrungen gemacht werden.

In Abb. 2/1 ist ein in /120/ veroeffentlichtes Konzept fuer ein CAD-System dargestellt, das ein Expertensystem integriert. Allerdings findet sich hier, wie auch in allen anderen Veroeffentlichungen zu ersten Anwendungsloesungen von Expertensystemen, kein Hinweis auf die Moeglichkeit einer analytisch gestuetzten Bewertung von Ideen bzw. Entscheidungen. Eine lediglich verbale fachliche Beratung zu ausgewaehlten Problemstellungen laesst jedoch kaum Rueckschluesse auf den Wert der bevorstehenden oder auch schon getroffenen Entscheidung zu (/214/).

Abb. 2/1: Konzept eines Expertensystems fuer CAD
(nach /120/, S. 65)



In Weiterentwicklung dieses Konzeptes wird vorgeschlagen, den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen durch ein System zu unterstuetzen, das neben einer objektbezogenen fachlichen Beratung auch eine analytische Bewertung von Problemstellungen ermoeglicht.
Das somit aus den Hauptkomponenten
- Expertensystem und
- analytisches Bewertungssystem
bestehende Beratungssystem laesst sich in folgenden drei Varianten ausfuehren:

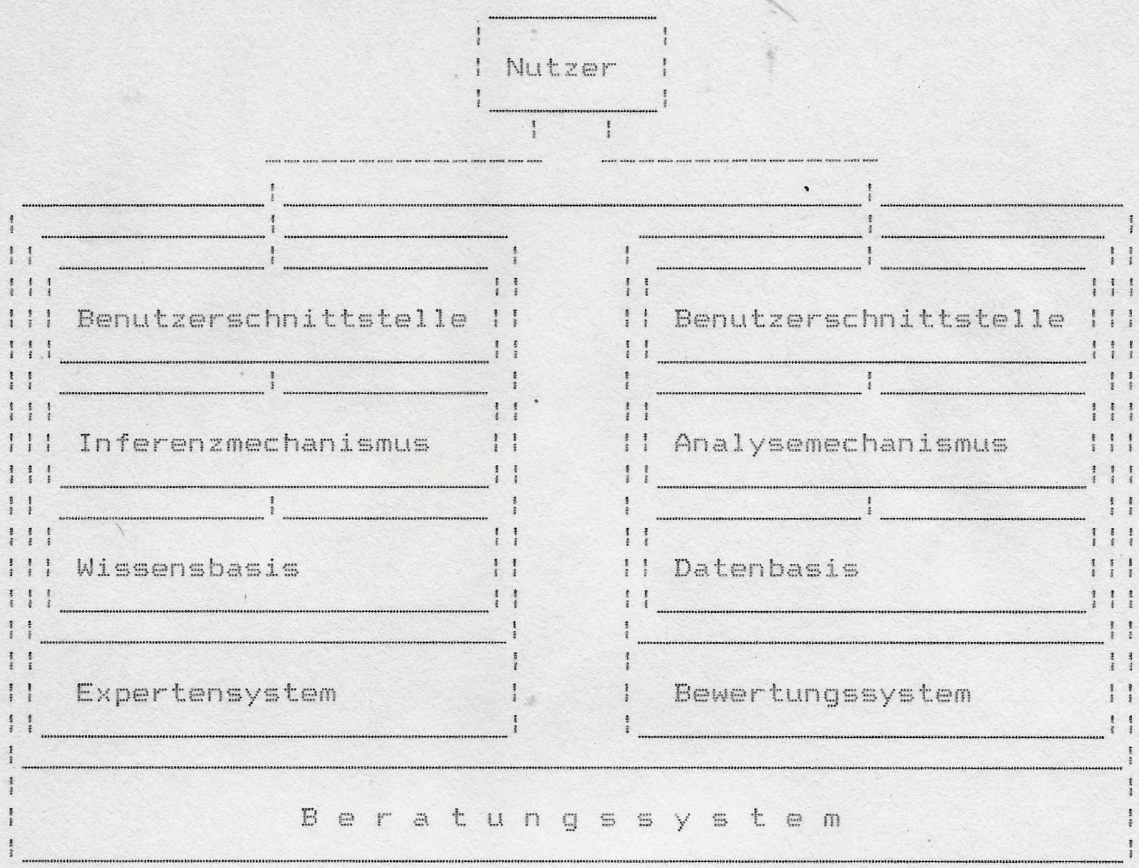
1) Expertensystem und Bewertungssystem sind voneinander unabhaengig (Abb. 2/2, Tab. 2'1)

Tab. 2'1: Vor- und Nachteile eines Beratungssystems, bestehend aus voneinander unabhaengigen Experten- und analyt. Bewertungssystemen

Bewertung	Bemerkungen
Vorteile	- voneinander unabhaengiger Betrieb - geringer Entwicklungsaufwand bei Nutzung problemorientierter Programmiersysteme (PROLOG, LISP; Turbo-PASCAL, REDABAS) und insbesondere Nachnutzung anwendungsspezifischer Software (Shells; KP, REDABAS)

Nachteile	- Aufbau und Pflege zweier Datenbanken (Wissensbasis, Datenbasis) - teilweise getrennte Verwaltung identischer Daten (Redundanz) - bei gleichzeitigem Betrieb Nutzung zweier Rechner oder zumindest Terminals (Multi-User-Betrieb) - bei Nutzung eines Rechners staendiger Systemwechsel (Abbruch, Neustart)

Abb. 2/2: Beratungssystem, bestehend aus voneinander unabhaengigen Experten- und analytischen Bewertungssystemen



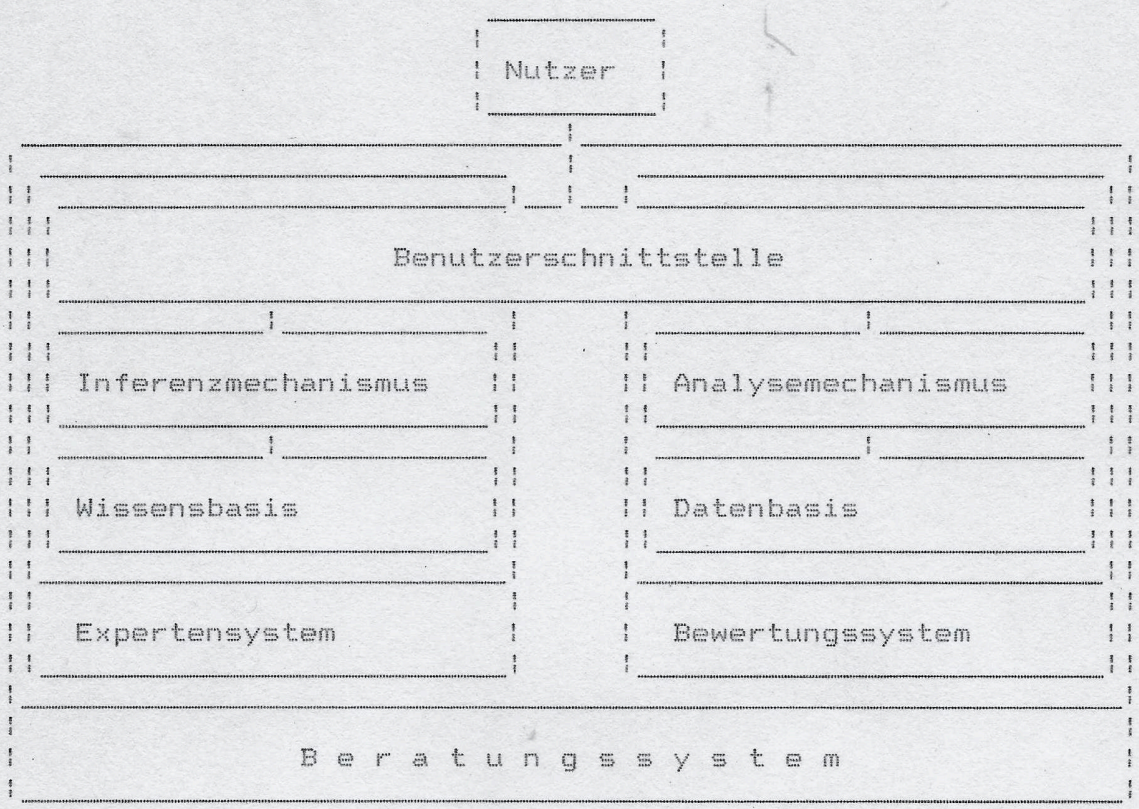
2) Experten- und analytisches Bewertungssystem sind bis auf eine gemeinsame Benutzerschnittstelle voneinander unabhaengig (Abb. 2/3, Tab. 2'2)

Tab. 2'2: Vor- und Nachteile eines Beratungssystems mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, aber getrennten Problemloesungskomponenten und Datenbasen

Bewertung	Bemerkungen
Vorteile	- voneinander unabhaengiger Betrieb bei entsprechend modularer Gestaltung der Benutzerschnittstelle - vertretbarer Entwicklungsaufwand zur Vereinheitlichung der Benutzerschnittstelle bei Nut-

	zung problemorientierter Programmiersysteme (PROLOG, LISP, Turbo-PASCAL) bzw. Nachnutzung anwendungsspezifischer Software (Shells; KP, REDABAS)
Nachteile	- bezueglich der Datenbanken wie bei Version 1) - bezueglich der Nutzung zweier Rechner oder Terminals wie bei Version 1), bei Nutzung eines Rechners jedoch komfortabler Systemwechsel (Abbruch, Neustart)

Abb. 2/3: Beratungssystem mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, aber getrennten Problemloesungskomponenten und Datenbasen



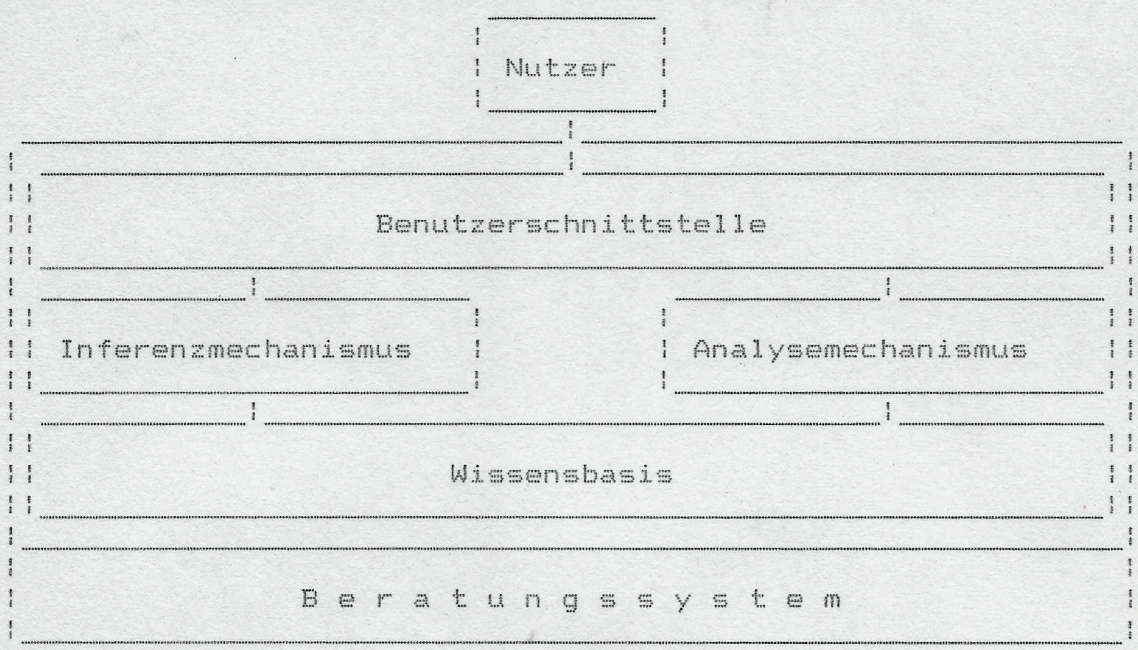
3) Experten- und Bewertungssystem sind miteinander integriert und weisen neben der gemeinsamen Benutzerschnittstelle auch eine gemeinsame Wissensbasis auf; die Problemloesungskomponenten sind voneinander unabhaengig (Abb. 2/4, Tab. 2'3)

Tab. 2'3: Vor- und Nachteile eines Beratungssystems mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, einheitlicher Wissensbasis und getrennten Problemloesungskomponenten

Bewertung	Bemerkungen
Vorteile	- gleichzeitiger Betrieb auf einem Rechner bzw. einem Terminal - Aufbau und Pflege einer gemeinsamen Wissensbasis (redundanzfrei)

	- Nutzung eines problemorientierten Programmiersystems (PROLOG, LISP)
Nachteile	- zur Entwicklung herangezogenes Programmiersystem ist fuer eine Hauptkomponente nicht besonders geeignet (z.B. PROLOG und LISP wenig fuer Analysemechanismus und Turbo-PASCAL wenig fuer Inferenzmechanismus) - bei Nachnutzung von anwendungsspezifischer Software ist diese nur bedingt und mit hoeherem Entwicklungsaufwand um die 2. Komponente erweiterungsfaehig (z.B. Shells um Analysemechanismus; KP nicht um Inferenzmechanismus)

Abb. 2/4: Beratungssystem mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, einheitlicher Wissensbasis und getrennten Problemloesungskomponenten



Wie aus den Abschnitten 3. und 4. noch ersichtlich, laesst sich ein Beratungssystem der Version 1) bereits heute mit geringem Entwicklungsaufwand realisieren. Hierzu bedarf es z.B.
- der Auswahl eines Expertensystem-Shells, das fuer die Problembearbeitung besonders geeignet ist,
- der programmtechnischen Verknuepfung eines Kalkulationsprogramms mit einem moeglichst relationalen Datenbankbetriebssystem,
- der Wissenserhebung und -systematisierung sowie
- der Implementation der Wissens- und der Datenbasis.

Bei der Nutzung eines solchen Beratungssystems muessen jedoch die in Tab. 2'1 zusammengetragenen Nachteile in Kauf genommem werden.

Der Entwicklung eines Beratungssystems nach Version 2) sind programmtechnische Untersuchungen hinsichtlich der Realisierbarkeit einer gemeinsamen Benutzerschnittstelle voranzustellen. Den zu erwartenden guten Nutzungsbedingungen stehen jedoch die in Tab. 2'2 dargestellten Nachteile gegenueber, die denen der Version 1) noch weitgehend gleichen.

Das Beratungssystem der Version 3) setzt voraus, dass es unter einem einheitlichen Programmiersystem entwickelt wird. Der hieraus resultierende hohe einmalige Entwicklungsaufwand zahlt sich aber durch die in Tab. 2'3 zusammengefassten Vorteile aus.

Nachfolgend werden nunmehr die Realisierungsmoeglichkeiten eines Beratungssystems fuer den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen an ausgewaehlten Beispielen untersucht und Vorschlaege fuer die Entwicklung bzw. Gestaltung seiner Systemkomponenten unterbreitet.

3. Kurzbeschreibung von Expertensystemen

Seit Mitte der 80-er Jahre haeufen sich die Berichte ueber intelligente Informationsverarbeitungssysteme, zu denen auch Expertensysteme zaehlen (/79/-/105/, /108/, /109/, /120/, /121/, /124/, /127/, /138/). Wenngleich bereits seit mehr als zwei Jahrzehnten an dieser Problematik gearbeitet wird, boten erst die modernen Mikrorechner die technischen Voraussetzungen zur praktischen Einfuehrung derartiger Systeme, beanspruchen sie doch viel Speicherplatz fuer die Wissensverwaltung und eine hohe Prozessorleistung fuer einen kurzfristigen Zugriff auf das Wissen. Fachberichten zufolge ist man derzeit in der Lage, ca. 2.000 Fakten und Regeln zu verarbeiten, wobei man in den 90-er Jahren mit einer Verzehnfachung dieser Datenbasis rechnen kann (/105/).

3.1. Charakteristik und Einsatzgebiete von Expertensystemen

Was sind nun Expertensysteme? In /105/, S. 249 findet sich folgende Charakteristik: "Ein Expertensystem ist im wesentlichen ein interaktives Softwareprodukt, das in einer Wissensbank Fakten und Regeln ueber einen eingrenzbaren, weitestgehend konsolidierten Anwendungsbereich enthaelt und das beim Loesen von Problemen in diesem Bereich helfen soll." Und bereits auf S. 42 heisst es: "Expertensysteme sind Hilfsmittel fuer Experten eines Anwendungsbereiches. ... Da die Anwender zwar Experten auf ihrem Gebiet, aber keine Computerwissenschaftler sind, entstehen haeufig Barrieren, wenn eine Konsultation des Expertensystems nicht auf aehnliche Weise wie ein Fachgespraech mit Kollegen gefuehrt werden kann. In solchen Faellen strebt man an, den Dialog mit dem Anwender in natuerlicher Sprache zu fuehren."
Der Einsatz derartiger Systeme bietet sich nach /89/ an, wenn z.B.

- die zu bearbeitende Problemstellung kaum ueber Algorithmen zu loesen ist,
- diese Problemstellung im Bereich eines begrenzten und gut definierten Anwendungsgebietes liegt,
- die Problemloesung nicht einfach logisch oder nur auf der Basis breiten Grundwissens zu erzielen ist und
- Experten zur Problembearbeitung nicht immer herangezogen werden koennen.

Alle diese Bedingungen sind mehr oder weniger bei der konstruktiv-technologisch optimalen Gestaltung von Schiffsmaschinenanlagen gegeben, was noch in den Abschnitten 5.1. - 5.5. deutlich wird.

3.2. Aufbau und Arbeitsweise von Expertensystemen

Wie schon aus Abb. 2/1 ersichtlich, bestehen Expertensysteme aus den drei Hauptkomponenten

- Wissensbasis
  (Sie verwaltet das Wissen, ueber das das Expertensystem konsultiert wird)
- Inferenzmechanismus
  (Dieser ermittelt auf heuristischem Wege in der Wissensbasis die zu bestimmten Problemstellungen zuordbaren Loesungen)

- Benutzerschnittstelle
  (Sie ermoeglicht den Dialog des Nutzers mit dem Inferenzmechanismus bei der Problemloesung, organisiert erforderlichenfalls die Darstellung des Loesungsweges und gewaehrleistet die Erweiterung bzw. Aktualisierung der Wissensbasis)

3.2.1. Zur Wissensbasis

Wissen als Faehigkeit zur Beschreibung der Umwelt ist in zwei Formen darstellbar:

1) als deklaratives Wissen (Erscheinungsbilder der Umwelt, beschreibbar durch eine Zusammenstellung von Fakten und Daten)

2) als prozedurales Wissen (objektive Beziehungen zwischen den Fakten und Daten, wie Regeln, Algorithmen u.ae.)

Die Daten koennen hierbei als eine Sonderform der Fakten angesehen werden, besitzen sie doch durch ihre Eindeutigkeit eine qualitativ und quantitativ hohe Aussagekraft. Ebenso sind Algorithmen Regeln, die durch zwischen Daten bestehende bekannte Gesetzmaessigkeiten begruendet werden.
Der Aufbau der Wissensbasen von Expertensystemen gewaehrleistet stets die Zuordbarkeit von Fakten (Daten) und Regeln (Algorithmen). Fuer die Wissensdarstellung bestehen nach /159/ folgende Moeglichkeiten:

a) logikorientierte Darstellung, bei der in Form von Hornklauseln bestimmten Praedikaten ein oder auch mehrere Attribute logisch zugeordnet werden:

   P <== A1 ^ A2 ^ ... ^ An P - Praedikat, A - Attribut

   Beispiel 3-1: Praedikatenlogische Ausdruecke

   (1) Schiffsmaschinenanlage <== Schmieroelsystem ^
   Druckluftsystem ^
   Lenz- und Ballastsystem ^
   Kraftstoffsystem ^
   Hydrauliksystem ^ ...

   (2) Grundflaeche <== Produkt aus Laenge und Breite

   Praedikate sind als Bezeichner, Titel o.ae. aufzufassen und Attribute als deren Merkmale, Erlaeuterungen, Beifuegungen usw.. Attribute koennen selbst die Funktion eines Praedikates uebernehmen, wenn sie ueber eigene Atrribute verfuegen:

   Beispiel 3-2: Attribute, die wiederum die Funktion eines Praedikates uebernehmen

   (1) Schiffsmaschinenanlage <== Kraftstoffsystem

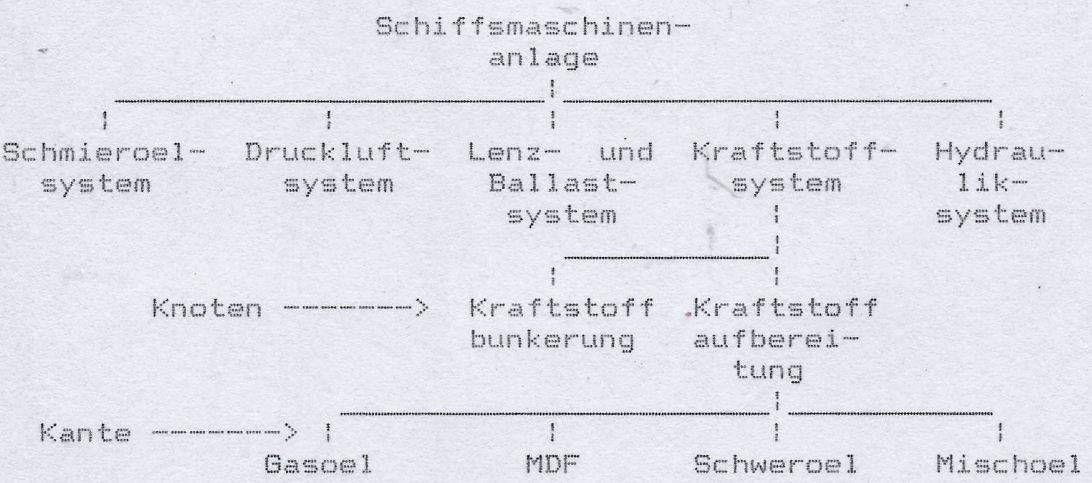
   (2) Kraftstoffsystem <== Kraftstoffbunkerung

   (3) Kraftstoffsystem <== Kraftstoffaufbereitung

   (4) Kraftstoffaufbereitung <== Gasoel MDF Schweroel ...

Die Beispiele 3-1 und 3-2 spiegeln eine Darstellungsform praedikatenlogischer Ausdruecke wider: Praedikate werden mit ihren Attributen in Listen zusammengefasst (Listendarstellung). Diese Listen lassen auch die Konstruktion gerichteter Graphen, der zweiten Darstellungsform praedikatenlogischer Ausdruecke, zu (Beispiel 3-3). Gerichtete Graphen weisen eine hierarchische Struktur auf.

Beispiel 3-3: Gerichteter Graph



Die imaginaeren Bezugslinien zwischen den Fakten, Daten, Regeln oder Algorithmen, welche sich in dieser Struktur von der Wissensbasis eines Expertensystems verwalten lassen, werden Kanten genannt. Ihre Kreuzungs- und Endpunkte, die Fakten, Daten usw. selbst, sind die Knoten. Ein Pfad ist der Weg von einem beliebigen Anfangsknoten zu einem in einer anderen Ebene liegenden Endknoten (Beispiel 3-4).

Beispiel 3-4: Pfad

Schiffsmaschinenanlage --> Kraftstoffsystem --> Kraftstoffaufbereitung --> Schweroel

Das Programmiersystem PROLOG (/122/-/123/, /139/, /153/, /156/) geht auf die logikorientierte Darstellungsform zurueck (/159/).

b) regelorientierte Darstellung, die auf "WENN (Bedingung), DANN (Aktion)" - Regeln basiert; auch hier ist eine Auflistung mehrerer Regeln moeglich:

Beispiel 3-5: Regelorientierte Wissensdarstellung

(1) WENN Kraftstoffoerderpumpe 1 ausfaellt,
DANN Kraftstoffoerderpumpe 2 nutzen

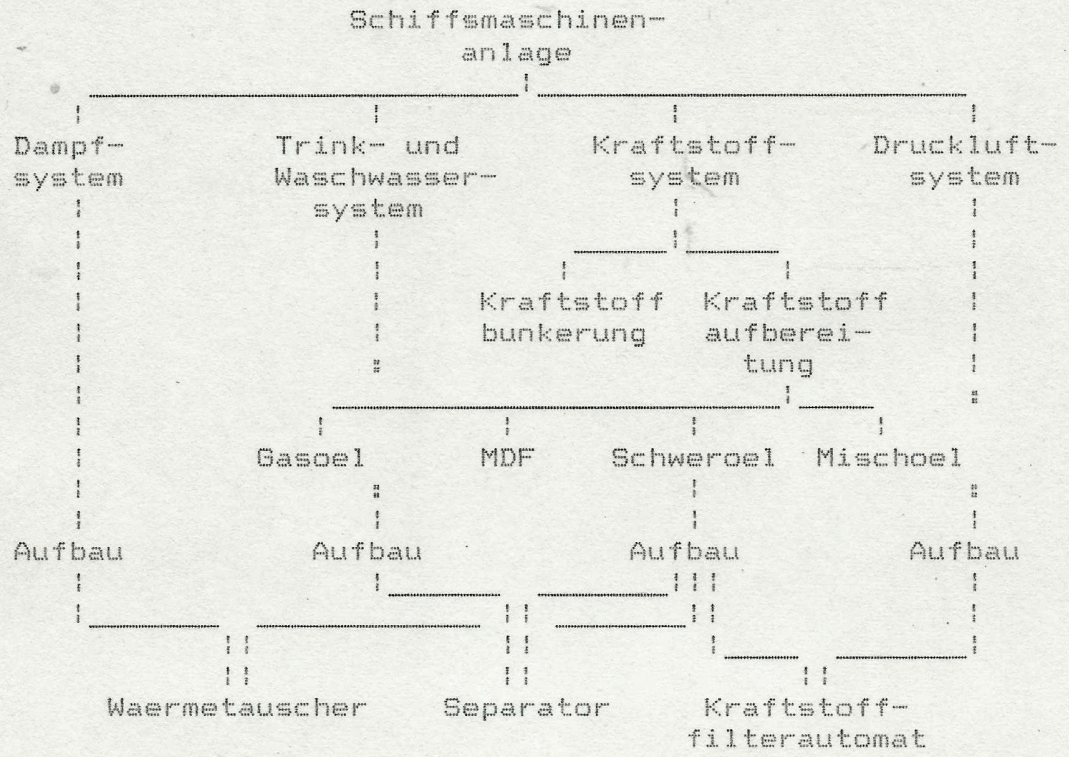
(2) WENN Kraftstoffoerderpumpe 2 ausfaellt,
DANN Kraftstoffoerderpumpe 1 nutzen

(3) WENN Kraftstoffoerderpumpe 1 ausfaellt UND
Kraftstoffoerderpumpe 2 ausfaellt,
DANN ist Kraftstoffbereitstellung
nur fuer Zeitraum t gesichert

c) strukturierte Objekte, wie semantische Netze und Frames, welche Analogien zu Graphen und Records bilden:

Semantische Netze sind Graphen, bei denen Kanten zwischen allen Knoten bestehen koennen. Ueber Eigenschaftslisten oder Zeiger wird auf ausgewaehlte Fakten und Regeln verwiesen, die die Knoten repraesentieren.

Beispiel 3-6: Semantisches Netz



Diese Darstellungform findet durch das Programmiersystem LISP (/106/, /125/) besondere Unterstuetzung (/158/).

Als Frames (Rahmen) lassen sich in ihrer Struktur vorgegebene Records (Datensaetze) bezeichnen, die eine systematische Zusammenstellung von miteinander in gleichartiger Beziehung stehenden Fakten-Regel-Gruppen ermoeglichen. Die Frames koennen hierarchisch strukturiert sein, wobei die Knoten oder Oberbegriffe als Slots bezeichnet werden.

Beispiel 3-7: Frame (Rahmen)

2. Konstruktion <------- Slot
2.1. Dimensionierung
2.1.1. Hauptabmessungen
2.1.2. Massen

2.2. Gestaltung
2.2.1. Aufbau
2.2.2. Formgebung
2.2.3. Ergonomie
2.2.4. Farbgestaltung

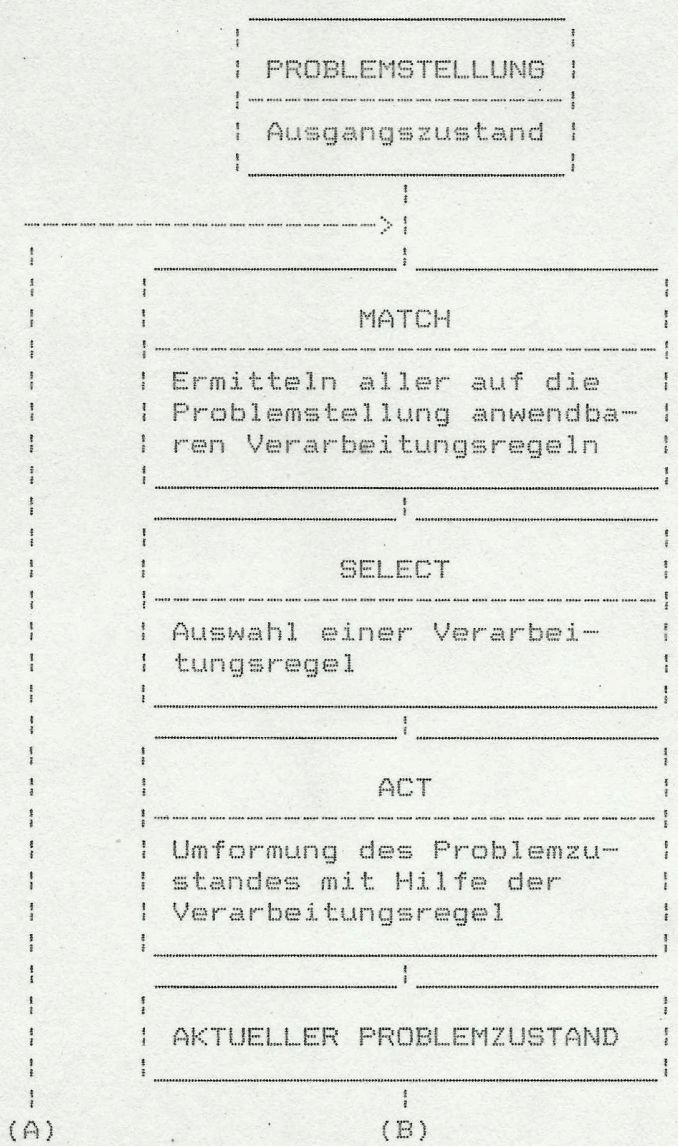
3.2.2. Zum Inferenzmechanismus

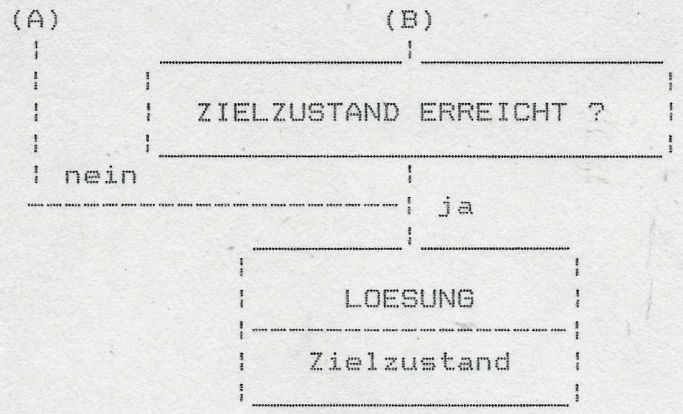
Der Inferenz- oder Schlussfolgerungsmechanismus ist fuer die Problemloesung zustaendig. In der Wissensbasis werden als Zielzustand die Fakten ermittelt, die ueber die implementierten Regeln mit den in der Problemstellung enthaltenen Fakten (Ausgangszustand) verknuepft sind. Das Loesen der Problemstellung ist als Suchvorgang entlang den Kanten gerichteter oder vernetzter Graphen auffassbar, dem eine bzw. mehrere Strategien zur rationellen Schlussfolgerung zugrunde liegen. Solche Strategien sind u.a.

- "die Suche von oben nach unten (Top-Down) und von links nach rechts"
- das Rueckschreiten (Backtracking)
- das Abbrechen (CUT)
- das Initieren einer scheinbar erfolglosen Suche zur Ermittlung aller Loesungen (FAIL)

und oftmals bereits Bestandteil problemorientierter Programmiersysteme, wie z.B. PROLOG. In Abb. 3/1 ist der Mechanismus zur allgemeinen Wissensverarbeitung dargestellt.

Abb. 3/1: Allgemeiner Wissensverarbeitungsmechanismus (/159/, S. 440)





3.2.3. Zur Benutzerschnittstelle

Die Benutzerschnittstelle ist der Mittler zwischen dem Nutzer des Expertensystems und dem Inferenzmechanismus sowie der Wissensbasis. Sie erfuellt drei Hauptaufgaben:

a) Dialogfuehrung bei der interaktiven Problembearbeitung in natuerlicher Sprache, wobei das System an den Nutzer gegebenenfalls selbst Rueckfragen stellt

b) Erklaerung des Loesungsweges bzw. Begruendung einer nicht erzielten Loesung

c) Teil- oder vollautomatischer Wissenserwerb, wenn durch den Nutzer oder das System selbst festgestellt wird, dass zu ausgewaehlten Problemstellungen noch kein Wissen implementiert ist

Im allgemeinen ist die Benutzerschnittstelle durch den Systementwickler zu programmieren, wenn nicht bereits auf Shells zurueckgegriffen werden kann. Shells sind Expertensysteme ohne Wissensbasis, die entweder fuer aehnliche Anwendungsgebiete vorgefertigt wurden oder aus in Nutzung befindlichen Systemen hervorgingen (Wissensbasis wurde geleert). Die Dialogfuehrung in natuerlicher Sprache sowie die Nachvollziehbarkeit der Loesungswege finden durch PROLOG und LISP besondere Unterstuetzung.

3.3. Entwicklungsstand von Expertensystemen

Es wird angenommen, dass im Ergebnis mehr als 15-jaehriger Entwicklungen ueber 1000 Expertensysteme entstanden sind, von denen die Mehrzahl experimentellen Charakter traegt (/108/). Eine kleine Auswahl ist in Tab. 3'1 dargestellt. Dennoch scheinen sich die Fachkreise darueber einig, dass dieses Gebiet der Informationsverarbeitung gerade erst in Angriff genommen wurde. In der DDR befasst sich neben einigen anderen Einrichtungen insbesondere das Zentralinstitut fuer Kybernetik an der Akademie der Wissenschaften der DDR mit der Entwicklung von wissensbasierten Systemen (/81/, /108/, /127/).
Als Haupteinsatzgebiete werden nach /87/ u.a. angesehen
- die Konstruktion von Produkten und Entwicklung von Funktionsprinzipien
- die Fertigungsplanung und -steuerung
- die Diagnose und Ueberwachung von Fertigungsmaschinen und -prozessen

- das sprachorientierte Programmieren von Montagesystemen
- die Interpretation von Bildszenen
- die Hinderniserkennung im Arbeitsbereich von Fertigungsgeraeten.

Tab. 3'1: Eine Auswahl von Expertensystemen (nach /89/)

Anwendung	Name	Herkunft	Schema	Anzahl der Regeln
med. Diagnose	MYCIN	Standford Univ.	Prod. Sys.	400
geolog. Diagnose	PROSPECTOR	Standford Research Int.	Bottom-Up Dateninterpret.	1.600
Messdatenauswertung, Diagnose	DIP-Meter	Schlumberger	Prod. Sys.	90
Diagnose (bei Lokomotiven)	DELTA	General Electric	Prod. Sys.	800
Diagnose (von Telefonleit.)	ACE	Bell Telephone Laboratories	Prod. Sys.	150
konstr. Problemloesung (analyt. Chemie)	DENDRAL	Standford Univ.	Regelbas. Hypot. Generat.	(?)
konstr. Problemloesung (Rechnerkonfig.)	XCON	Carnegie-Mell Univ. /DEC	Prod. Sys.	2.000
Planung (mechan. Fertigung)	GARI	Politechnique de Grenoble	Prod. Sys.	50
Planung (Gummiprod.)	GUMMEX	Bartelle Institut	Prod. Sys.	300

Wie eingangs beschrieben, bedarf es zur Realisierung entsprechender Projekte neben der Hardwarevoraussetzungen auch geeigneter Programmiersysteme. Hier wird immer wieder auf LISP (List Processing Language) mit seinen Dialekten MULTILISP, INTERLISP, GLISP und anderen sowie auf PROLOG (Programming in Logic) und deren Weiterentwicklungen PARLOG und Concurrent-PROLOG verwiesen (/90/, /103/, /105/-/106/, /121/-/123/, /125/, /139/-/140/, /153/, /156/, /159/, /198/-199/). Institutionen, wie die "Forschungsgruppe Expertensysteme der Gesellschaft fuer Mathematik und Datenverarbeitung mbH" St.Augustin/BRD oder die "Nixdorf Computer AG" Paderborn/BRD, bieten neben anderen bereits das auf die Wissensrepraesentation zugeschnittene Sprachkonzept BABYLON und das Expertensystem-Shell TWAICE an (/92/, /105/, /160/). Sie befinden sich nach eigenen Angaben schon in breiter Nutzung. Weiterhin

lassen sich mit den Systemen FRL, KRL, OWL, KL-ONE, UNITS und SCRIPTS Frames objektorientiert programmieren.

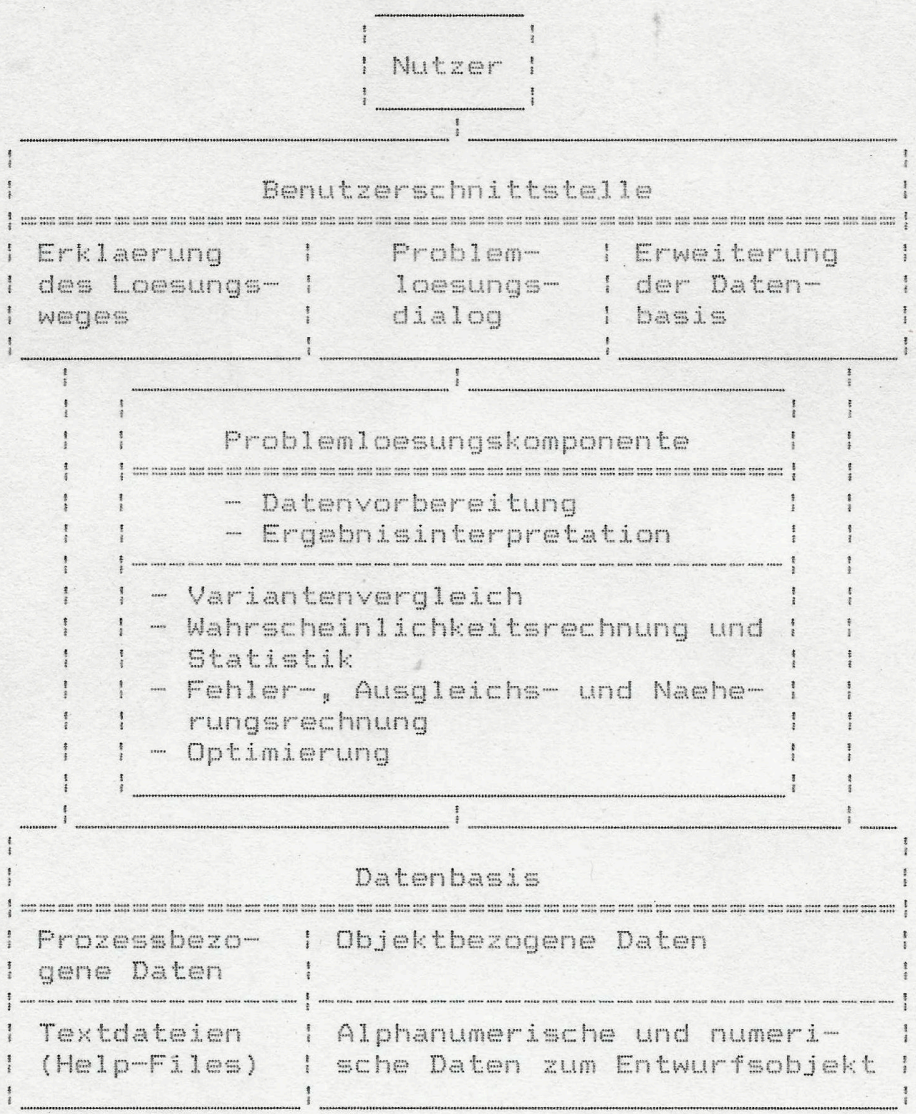
Fuer die Systemimplementierung werden insbesondere sogenannte LISP-Maschinen (LAMBDA-LISP-Machine) bevorzugt (/103/-/105/). Das von Japan schon 1981 veroeffentlichte Projekt der 5. Computergeneration sieht leistungsfaehige Hardware vor, die insbesondere PROLOG-Programme durch eine neuartige Prozessorkonzeption mit hohen Geschwindigkeiten abarbeiten laesst (/121/). Waehrenddessen bereits 8-bit-Rechentechnik zur Simulation von Expertensystemen genutzt werden kann (/156/), besteht in Fachkreisen die einheitliche Auffassung, fuer eine praxisrelevante Implementierung mindestens auf 16-bit-Rechner mit einer Hauptspeicherkapazitaet ab 512 kByte zurueckzugreifen (/160/).

Insgesamt laesst sich einschaetzen, dass die Entwicklung eines Verfahrens zur konstruktiv-technologisch optimalen Gestaltung von Schiffsmaschinenanlagen mit Unterstuetzung durch ein Expertensystem, wie im Abschnitt 1. formuliert, sowohl zweckmaessig ist als auch dem neuesten Erkenntnisstand entspricht. Ueber die Umsetzungsmoeglichkeiten eines solchen Konzeptes bzw. hierfuer notwendige Voraussetzungen werden im Abschnitt 6. naehere Ausfuehrungen gemacht.

4. Konzept fuer ein analytisches Bewertungssystem

Das vorgeschlagene Bewertungssystem als 2. Hauptkomponente des Beratungssystems soll die Aufgabe uebernehmen, die vom Entwicklungsingenieur getroffenen Entscheidungen einer analytisch gestuetzten Bewertung zu unterziehen. Im Sinne einer Analyse seien solche Verfahren verstanden, wie
- Variantenvergleiche auf Basis gleicher Groessen,
- Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik,
- Fehler-, Ausgleichs- und Naeherungsrechnung sowie
- Optimierung.

Abb. 4/1: Konzept eines analytischen Bewertungssystems fuer CAD



4.1. Aufbau und Arbeitsweise des Bewertungssystems

Ebenso wie Expertensysteme laesst sich ein Bewertungssystem, das die o.a. Funktionen realisiert, in drei Hauptkomponenten gliedern:
- Datenbasis
  (Von ihr sollen alle einer Analyse zugrunde legbaren Daten verwaltet werden)

- Analysemechanismus
  (Er wird die in der Problemstellung aufgefuehrten Daten einer analytischen Bewertung unterziehen)
- Benutzerschnittstelle
  (Sie ist fuer den Dialog zwischen Nutzer und Analysemechanismus sowie die Neuaufnahme bzw. Aktualisierung der Daten zustaendig)

In Abb. 4/1 ist der moegliche Aufbau eines solchen Systems dargestellt.

4.1.1. Zu den Datenbasisstrukturen

Daten sind bekanntlich einzelne Zeichen (Character) oder Zeichenketten (Strings), die fuer den Nutzer drei Bedeutungsformen annehmen koennen:

1) als alphanumerische Daten mit qualitativem oder unscharfem quantitativen Aussagewert,

2) als numerische Daten mit eindeutigem quantitativen Aussagewert,

3) als logische Daten mit Wahrheitswert.

Die Verwaltung wird von Datenbankbetriebssystemen oder in Anwendungsprogrammen integrierten besonderen Prozeduren vorgenommen.
Eine gute Uebersichtlichkeit ueber groessere Datenbestaende sowie kurze Zugriffszeiten lassen sich durch eine systematische Datenablage in strukturierten Dateien oder Datenbanken erzielen. Folgende Datenbankstrukturen sind hierfuer besonders geeignet:

a) die relationale Datenbankstruktur, bei der saemtliche einander zuordbaren Daten in Saetzen (Records) zusammengefasst sind. Diese Struktur wird fuer die Verwaltung zahlreicher gleichartiger Datenmengen, die keiner Hierarchie unterliegen und in Tabellenform dargestellt werden koennen, bevorzugt.

Beispiel 4-1: Relationale Datenbankstruktur

Record Nr.	Felder				
	Typ	Benennung	Leistung	Laenge	Breite
0001					
0002					
0003	<========== R e l a t i o n ==========>				
0004					
0005					

Vor Nutzung der Datei sind im allgemeinen
- Feldname,
- Feldgroesse und

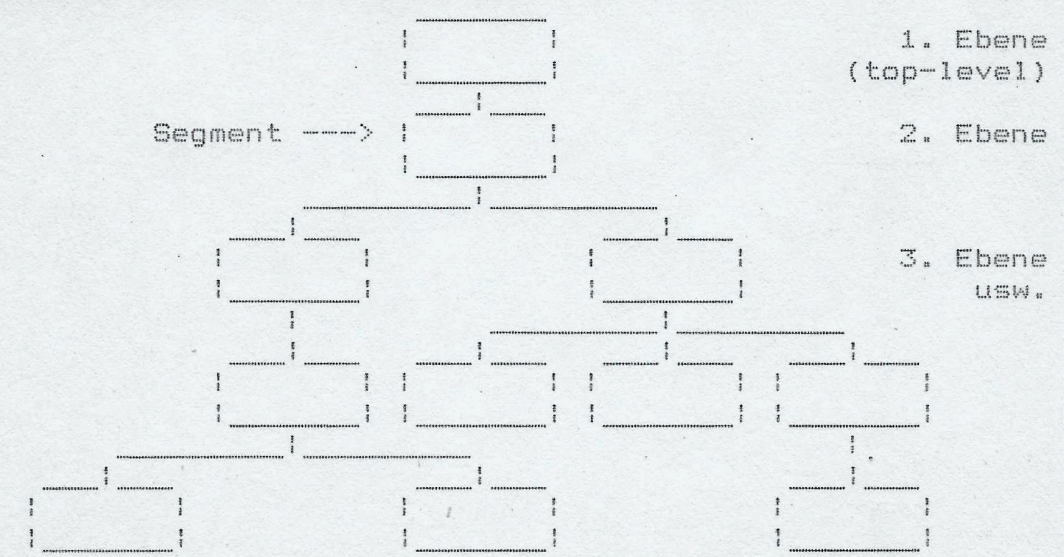
- Datentyp je Feld

festzulegen. Beim Fuellen der Felder muss auf die vereinbarten Feldgroessen geachtet werden, um Datenverluste durch ignorierte Ueberlaeufe zu vermeiden. Zahlreiche unterbelegte Felder dagegen beanspruchen unnoetigen Speicherplatz. Moderne relationale Datenbankbetriebssysteme verfuegen allerdings ueber Prozeduren zur nachtraeglichen Modifikation der urspruenglichen Strukturvereinbarungen.
Als Beispiele fuer relationale Datenbankbetriebssysteme seien REDABAS (dBASE-II) fuer 8-bit-Rechner und TOPAS fuer die Rechnerbaureihe K-1600 sowie ESER-EDVA angefuehrt (/128/-/130/, /132/). Darueber hinaus reiht sich das vom CODASYL-Development-Commitee (CODD) beschriebene Modell (/202/-/203/) in die relationalen Datenbankkonzepte ein.

b) die hierarchische Datenbankstruktur, die eine Gruppierung von Daten zu uebergeordneten Daten unterstuetzt (1:n Zuordnungen). Hierbei bilden sich hierarchische Ebenen, wobei die in gleicher Ebene eingeordneten Daten nur ueber eine der uebergeordneten Ebenen miteinander in Beziehung stehen.
Ebenso wie bei relationalen Datenbanken bedarf die hierarchische vor der Nutzung einiger Vereinbarungen. Es sind anzugeben:
- Segmentname,
- Segmentgroesse,
- Segmentanzahl und
- Name des uebergeordneten Segmentes.

Die so reservierten Segmente koennen dem Nutzer durch die festgelegte Groesse und Anzahl zwar Grenzen auferlegen, welche sich jedoch durch Strukturmodifikationen leicht verschieben lassen. Derartige Aenderungen erstrecken sich dann lediglich auf ausgewaehlte Ebenen und nicht auf alle Segmente, wie bei den Records der relationalen Datenbanken, was als bedeutender Vorteil hinsichtlich einer flexiblen und effektiven Handhabung von Datenbanken anzusehen ist.

Abb. 4/2: Hierarchische Datenbankstruktur

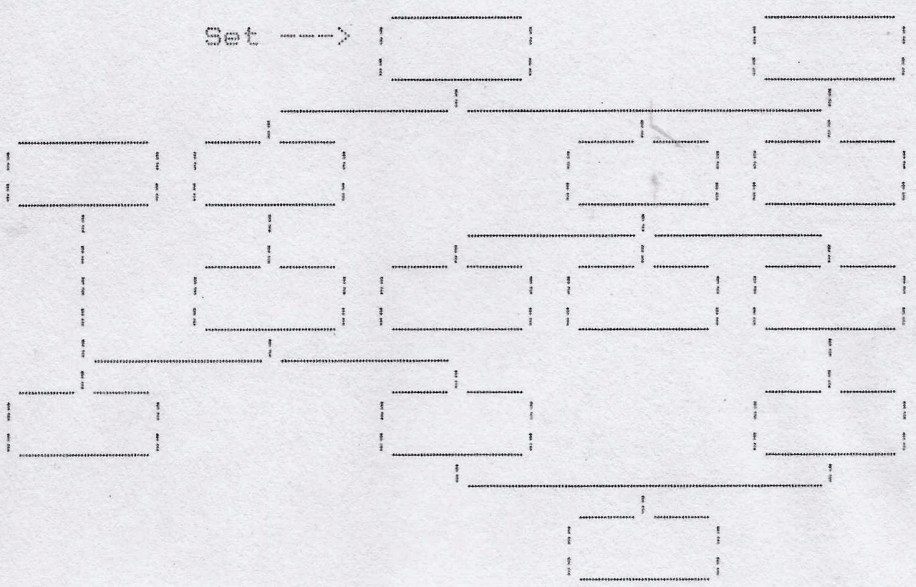


Fuer hierarchische Datenbanksysteme steht das von IBM entwickelte IMS/360-Konzept (/202/-/203/). Bemerkenswert erscheint die Aehnlichkeit dieser Struktur mit den bereits

im Abschnitt 3.2.1. vorgestellten gerichteten Graphen einer Wissensbasis von Expertensystemen. Auf diesen Umstand soll spaeter noch einmal eingegangen werden.

c) die Netzwerkstruktur, welche eine wechselseitige Datenzuordnung zulaesst. Es besteht die Moeglichkeit, dass von mehreren verschiedenen Daten auf ein und dieselben Daten verwiesen wird, von denen jedoch wiederum Bezuege zu mehreren anderen Daten herstellbar sind (m:n Zuordnungen).

Abb. 4/3: Netzwerkstruktur



Beim Aufbauen einer derartigen Struktur, die mit den semantischen Netzen von Wissensbasen (siehe Abschnitt 3.2.1.) vergleichbar ist, bedarf es mindestens folgender Vereinbarungen:
- Set-Name
- Set-Owner
- Set-Member

Als Set wird die zwischen Daten oder Datensaetzen bestehende Beziehung bezeichnet, wobei die Set-Owner die Daten bzw. -saetze sind, die auf andere, die sogenannten Set-Member, verweisen. Owner koennen zugleich Member sein und umgekehrt.
Als praktische Beispiele fuer Datenbanksysteme mit Netzwerkstruktur seien UDS, DMS-1100 und TOTAL angefuehrt (/202/).

Neben diesen drei Strukturtypen befinden sich noch weitere Modelle, wie Chain File-Systeme (Dateienkettung), Random-Dateien, index-sequentielle Dateien und andere, in Nutzung bzw. Entwicklung. Auf sie soll jedoch nicht naeher eingegangen werden.

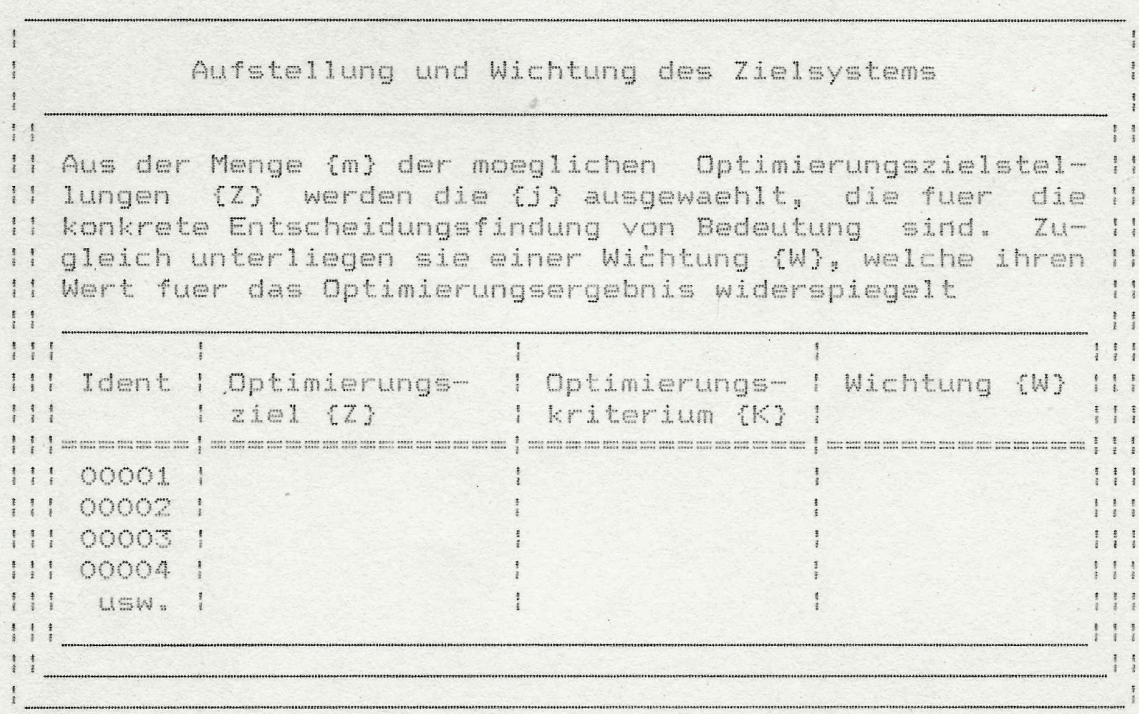
4.1.2. Zum Analysemechanismus

Der Analysemechanismus hat folgende drei Hauptaufgaben zu erfuellen:
- Datenvorbereitung
- Analyse
- Ergebnisinterpretation

Voraussetzung fuer eine analytische Datenverarbeitung ist, dass die Daten auch eindeutig quantifizier- und vergleichbar sind. Diese Bedingungen erfuellt allerdings nur ein geringer Teil aller zur Verfuegung stehenden Daten, und zwar dann, wenn sie numerisch sind und ihnen gleiche Masseinheiten zugrunde liegen. Die anderen Daten koennen z.B. durch
- die Herleitung gemeinsamer Masseinheiten,
- die Entwicklung von Kennziffern oder
- die Zuordnung von Wertigkeiten
fuer eine analytische Verarbeitung vorbereitet werden, wobei der hiermit verbundene Aufwand von vornherein Beruecksichtigung finden sollte.
Es ist anzunehmen, dass die ausschliessliche Verfolgung einer Strategie zu unloesbar erscheinenden Problemen fuehrt (u.a. lassen sich oekonomische Groessen nicht aus allen technischen herleiten). Hier koennte moeglicherweise die Kombination mehrerer Verfahren weiterhelfen, wie z.B. die Zuordnung von Kennziffern oder Wertigkeiten, wenn gleiche Masseinheiten nicht mehr herleitbar sind.

Mit Abschluss der Datenvorbereitung werden die Voraussetzungen fuer die bereits eingangs genannten Analyseverfahren geschaffen. Ein solches ist der Variantenvergleich auf Basis gleicher Groessen, bei dem mehrere in die Diskussion gelangende Moeglichkeiten gegenuebergestellt werden. Die Vergleichbarkeit wird ueber quantifizierte Groessen mit gleicher Masseinheit oder gleichen Kennziffern gesichert. Sollen zugleich mehrere Groessen fuer einen Variantenvergleich in Betracht kommen, bietet sich das in /83/ vorgestellte Verfahren an, welches sich auch als Pseudooptimierungsverfahren ansehen laesst.

Abb. 4/4: Arbeitsweise eines Mechanismus fuer den Variantenvergleich auf Basis gleicher Groessen (nach /83/)



(A)

Beschreibung und Einstufung der Alternativen

Die zur Auswahl stehenden {i} Varianten {V} bzw. Alternativen werden nach dem Erfuellungsgrad {E} im Vergleich zu den Optimierungszielstellungen {Z} eingestuft

Ident	Alternativen, Varianten {V}						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	usw.
00001							
00002							
00003							
00004							
usw.							

Wertsynthese und Ergebnisdarstellung

Der Erfuellungsgrad {E} ist mit der Wichtung {W} zum Teilnutzen {T} zu multiplizieren. Die Summe der Teilnutzen {T} jeder Variante {V} bzw. Alternative bildet deren Gesamtnutzen {G}.
Als Vorzugsvariante kann die angesehen werden, die den besten Gesamtnutzen ausweist. Dabei ist zu beruecksichtigen, wie die Wichtung und die Einstufung vorgenommen worden sind: Stehen {W} = 1 fuer das bedeutenste Optimierungskriterium {K} bzw. -ziel {Z} und {W} = {m} fuer das unbedeutenste sowie {E} = 1 fuer die Variante {V} oder Alternative, die {Z} am besten entspricht und {E} = {n} fuer die schlechteste, so steht auch {G} mit dem geringsten Wert fuer die Vorzugsvariante.
(es gelten: 1 </= {j} </= {m} und 1 </= {i} </= {n})

Ident	Alternativen, Varianten {V}						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	usw.
00001							
00002							
00003							
00004							
usw.							
Summe							
Platz							

Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematischen Statistik lassen anhand ihrer quantitativen Ergebnisse unmittelbare Schluesse auf die Sicherheit von Entscheidungen zu (Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses, Varianz, Korrelation). Dennoch gelangen sie trotz ihrer relativ einfachen Handhabung selten zur Anwendung; insbesondere sind im Schiffsmaschinenbau keine entsprechenden Faelle bekannt. Offensichtlich liegt die Ursache hierfuer in der ausbleibenden Auswertung von Erfahrungen, einer Grundvoraussetzung fuer die Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik.

Die Fehler-, Ausgleichs- und Naeherungsrechnungen sollten eigentlich Bestandteil aller wissenschaftlich-technischer oder oekonomischer Berechnungen sein, zumindest, wenn Aussagen ueber die Genauigkeit der ermittelten Ergebnisse zu treffen sind. Durch die Integration entsprechender Verfahren in einem Beratungssystem werden dem Nutzer Moeglichkeiten geboten, die durch Prozeduren derzeitiger CAD-Systeme bereitgestellten Berechnungsergebnisse gegebenenfalls noch vervollkommnen zu koennen.

Optimierungsverfahren dienen dazu, aus mehreren Varianten die herauszufinden, die einer bestimmten Zielstellung unter Beruecksichtigung von Nebenbedingungen am besten gerecht werden. Insofern sind gewisse Parallelen zum oben beschriebenen Variantenvergleich zu verzeichnen.
Die Optimierungsrechnung erlaubt darueber hinaus auch die zielgerichtete Entwicklung einer weitestgehend idealen Variante. Hierzu ist die Definition einer Zielfunktion und mehrerer Nebenbedingungen, die die Problemstellung hinreichend charakterisieren, erforderlich. Alleine diese Aufgabe wird jedoch mit einer Reihe von Problemen behaftet sein, denn sie setzt voraus, dass
- der Optimierungsgegenstand mathematisch modellierbar ist,
- die Optimierungsgroessen vergleichbar sind,
- die Optimierungsrechnung mit den zur Verfuegung stehenden Hilfsmitteln noch bewaeltigt werden kann und
- sich das Optimierungsergebnis interpretieren laesst.

Es ist zu vermuten, dass der Aufwand zur Datenvorbereitung, Modellierung, Berechnung und Ergebnisinterpretation nur bei ausgewaehlten Problemstellungen gerechtfertigt sein wird. In das Beratungssystem sollte daher nur fuer diese ausgewaehlten Anwendungsfaelle eine Optimierungsprozedur eingebunden werden.

4.1.3. Zur Benutzerschnittstelle

Die Hauptaufgaben der Benutzerschnittstelle, die dem in Abb. 4/1 dargestellten Aufbau des analytischen Bewertungssystems angepasst ist, bestehen in der

- Dialogfuehrung bei der Nutzung der ausgewaehlten Analyseprozeduren (Ein- und Ausgabe von zu verarbeitenden bzw. verarbeiteten Daten sowie Entscheidungen)
- Erklaerung der Analysealgorithmen und Ausgabe von Nutzerhinweisen (zumeist ueber in Help-Files abgespeicherte Texte)
- Erweiterung sowie Aktualisierung der Datenbasis

Waehrenddessen sowohl die Analyseprozeduren als auch die Dateien vorzugsweise unter den Systemen entwickelt bzw. eingerichtet werden koennen, die fuer die Problemloesung am geeignetsten erscheinen, sollte fuer die Benutzerschnittstelle lediglich das Programmiersystem zur Anwendung gelangen, das die Aktivierung und Kommunikation aller Komponenten ermoeglicht. Wird die Dialogfuehrung von einem Unterprogramm uebernommen, das unter einem anderen System entwickelt wurde als das vorangegangene, zeugt ein dennoch unveraendertes Bildschirmmenue (Bildschirmmaske) von einer guten Softwareergonomie. Die moderen Programmiersysteme FORTRAN, C, MODULA-2 und T-PASCAL (/134/, /199/,/212/) sowie Datenbankbetriebssysteme dBASE-II (REDABAS/M8), dBASE-II (RADABAS/M16), TOPAS, ALLDBS, DABA und andere (/128/-/130/, /132/, /202/-/204/, /211/) koennen diesen hohen Anforderungen genuegen.

4.2. Realisierungsmoeglichkeiten fuer ein analytisches Bewertungssystem

Obwohl analytische Verfahren zur Findung bzw. Ueberpruefung von Entscheidungen wegen des vermeintlich zu betreibenden Rechenaufwandes in den Projektierungs- und Konstruktionsbueros bislang kaum zur Anwendung gelangt sind, bestehen seit geraumer Zeit schon entsprechend effektive Moeglichkeiten. Diese sind mit der Verfuegbarkeit von arbeitsplatznaher Datenverarbeitungstechnik, insbesondere der Buero-, Personal- und Arbeitsplatzcomputer aller Leistungsklassen, sowie von problemorientierter Basissoftware, wie KP (bzw. TABLEAU oder SUPERCALC; /131/, /133/) und REDABAS (bzw. dBASE-II; /128/ - /130/, /132/), gegeben.
Die unveroeffentlichten Ergebnisse eines Anwendungstestes im VEB Warnowwerft Warnemuende /134/ bestaetigten, dass mit Hilfe des Kalkulationsprogramms KP und des Datenbankbetriebssystems REDABAS unkompliziert Entscheidungen ueber die Auswahl von Maschinen bzw. Apparaten herbeigefuehrt werden koennen. Dabei sind die zur Diskussion stehenden Varianten, von denen eine Reihe funktioneller, konstruktiver, technologischer und oekonomischer Parameter in einer REDABAS-Datei (sogen. dbf-File) abgespeichert waren, in ein unter KP erzeugtes anwendungsspezifisches Programm (sogen. cal-File) eingespielt worden, das automatisch die Vorzugsvariante nach dem vorangegangen erlaeuterten Algorithmus ermittelte. Es ist allerdings auch denkbar, ein solches Programm nur unter REDABAS zu schreiben bzw. mit Hilfe effektiver Programmiersysteme, wie z.B. PASCAL (/135/) und anderer. Hierzu siehe auch Abschnitt 6..

5. Vorschlaege und Hinweise fuer die Zusammenstellung des Expertenwissens

Wie bereits vorangegangen mehrfach angedeutet, besteht der wesentliche Sinn des Beratungssystems darin, den Entwicklungsingenieur beim Entwurf einer Schiffsmaschinenanlage mit der Bereitstellung von fachspezifischem Wissen zu unterstuetzen. Dieses Fachwissen muss durch den kuenftigen Nutzer selbst oder einen hierfuer qualifizierten Wissensingenieur systematisch zusammengetragen und in der Wissensbasis in Form von Fakten, Daten, Regeln sowie Algorithmen abgespeichert werden. Aus der Analyse der zwischen den Fakten und Daten bestehenden Beziehungen, deren Vielfalt und Umfang lassen sich wichtige Schluesse auf die Struktur der Wissensbasis und ihre Speicherkapazitaet ziehen. Darueber hinaus sind insbesondere solche Systemkomponenten, wie Inferenzmechanismus und Benutzerschnittstelle, auf eine effektive Wissensverarbeitung und -praesentation einzustellen.
Die nachfolgenden Abschnitte geben einen Ueberblick ueber das Fachwissen, das der Entwicklungsingenieur beim Entwurf einer Kraftstoffaufbereitungsanlage benoetigt. Es wurde zugleich versucht, dieses Wissen systematisch aufzubereiten und komplexweise einzuordnen. Wenngleich dieser Ueberblick lediglich einen kleinen Teil des Wissens eines Experten repraesentiert, kann er doch schon Anhaltspunkte fuer die Gesamtgestaltung des Beratungssystems liefern.

5.1. Wissenskomplex Funktion

Unter diesem Komplex sei das Wissen verstanden, das die Funktion einer Schiffsmaschinenanlage betrifft. Hierunter fallen die Leistungsparameter und die Betriebsbedingungen.

5.1.1. Die Leistungsparameter

Die erforderlichen Leistungsparameter einer Schiffsmaschinenanlage, z.B. der Kraftstoffaufbereitungsanlage, werden rechnerisch aus den Betriebsparametern der abhaengigen Anlagen, wie der Hauptmaschine und der Dieselgeneratoren, abgeleitet. Die Motorenhersteller geben neben den Betriebsparametern ihrer Erzeugnisse auch noch die chemisch-physikalischen Eigenschaften der zulaessigen Kraftstoffe an (siehe Tab. 5'1).

Tab. 5'1: Anforderungen der Motorenhersteller an die Kraftstoffversorgung

Anforderungen	Parameter	Quellen
Betriebsparameter (Auswahl)	Motorenleistung spezif. Kraftstoffverbrauch Kraftstoffzulaufdruck	/16/, Bl. 1/8, 1/10 /46/, S. 44-45 /47/, Pkt. 00.06.1.
chem.-physikal. Eigenschaften (Auswahl)	Einspritzviskositaet Kraftstoffdichte Heizwert Schwefel-, Wasser-, Asphalt- und Aschegehalt	/16/, Bl. 1/15-18 /46/, S. 57-58 /47/, Pkt. 00.07.1.

Auf der Basis dieser Angaben erfolgen sowohl die Konstruktion als auch die leistungsseitige Gestaltung des Kraftstoffaufbereitungsanlage. Die Anlage hat zu sichern, dass die an sie gestellten Forderungen in allen Punkten erfuellt werden. Aus der Motorenleistung und dem spezifischen Kraftstoffverbrauch ergeben sich die Foerderleistung der Pumpen bzw. Aufbereitungsleistung der Separatoren. Der Kraftstoffzulaufdruck, die ermittelten (voraussichtlichen) Druckverluste und Foerderhoehen bestimmen die Pumpenfoerderdruecke. Die Kraftstoffviskositaet ist die Basis fuer die Berechnung der Heizleistung der Waermetauscher. In den nachfolgenden Abbildungen wurden diese Zusammenhaenge nochmals skizziert:

Abb. 5/1: Bestimmung der Leistungsparameter der Kraftstoff-aufbereitungsanlage aus den Angaben der Motoren-hersteller

a) Pumpenfoerder- und Separatorenleistung:

	Masseinheit	Quellen
Motorenleistung spezif. Verbrauch	kW, PS g/kWh, g/PSh	Motorenhersteller - " -
Kraftstoffdichte	g/cm³, g/l	Kraftstoffhersteller
B e r e c h n u n g		
Pumpenfoerder- und Separierleistung	m³/h, l/h	

b) Pumpenfoerderdruecke:

	Masseinheit	Quellen
Kraftstoffzulauf-druck	MPa, kp/cm²	Motorenhersteller
Druckverluste Foerderhoehen	- " - - " -	Schiffbaul. Projekt - " -
B e r e c h n u n g		
Pumpenfoerderdruck	- " -	

c) Heizleistung der Waermetauscher:

	Maszeinheit	Quellen
Einspritzviskositaet	mm²/s, cSt. sec.Redw.	Motorenhersteller
Temp.-Viskos.-Verh. Kraftstoffdichte Kraftstoffwaerme-kapazitaet	 g/cm³, g/l	Kraftstoffhersteller - " - - " -
Kraftstoffausgangs-temperatur Kraftstoffstrom	°C, K m³/h, l/h	Schiffbaul. Projekt - " -

Berechnung		
Heizleistung des Waermetauschers	kJ, kW	

5.1.2: Die Betriebsbedingungen

Die Betriebsbedingungen sind durch die Konstruktion objektiv vorgegebene Bedingungen, unter denen das Kraftstoffaufbereitungssystem mit seinen Elementen betrieben werden muss bzw. denen sich die Betreiber zu stellen haben. Sie koennen bestimmte Voraussetzungen oder Einschraenkungen fuer den Betrieb des Systems auferlegen und zugleich eine Aussage ueber den Gebrauchswert sowie die Qualitaet treffen. Unter den Betriebsbedingungen vereinen sich z.B.

a) die Arbeits- bzw. Funktionsweise des Systems

b) der Aufwand zur Inbetriebnahme, Steuerung und Kontrolle sowie Ausserbetriebnahme des Systems

c) der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand

d) die arbeitshygienischen Bedingungen (Ergonomie; Laerm-, Staub-, Gas- und Vibrationsbelastungen)

e) die einzuhaltenden Arbeits- und Brandschutzbestimmungen

f) der Schutzguetegrad (einschliesslich Havariesicherheit)

g) die Zuverlaessigkeit (Standzeit)

Zu einigen der o.a. Betriebsbedingungen nachfolgende Ueberlegungen:

zu b) Der Aufwand zur Inbetriebnahme, Steuerung und Kontrolle sowie Ausserbetriebnahme des Systems bzw. seiner Elemente spiegelt sich in den hierfuer erforderlichen Arbeitsschritten wider. Entsprechende Angaben sind in den Betriebsdokumentationen enthalten, wobei sie zumeist noch einer quantitativen Bewertung beduerfen (/16/; /18/-/25/; /46/-/47/). In eine derartige Betrachtung muessen fallen:
- die Anzahl der Prozesse (Handgriffe, Kontrollen)
- die zurueckzulegenden Wege zur Realisierung dieser Prozesse (zu Fuss, von Hand)
- die damit verbundenen Zeiten und Reaktionszeiten von Mensch und Maschine bzw. System

Ein hoher Automatisierungsgrad reduziert diesen Aufwand auf ein erforderliches Minimum.
Obwohl der Betrieb von Schiffsmaschinenanlagen nicht mit Fertigungs-, Montage- und Kontrollprozessen in der Industrie direkt vergleichbar ist, lassen sich dennoch einige arbeitswissenschaftliche Parallelen ziehen. Brauchbare Hinweise fuer derartige Untersuchungen koen-

nen z.B. /53/ und /56/ entnommen werden.

zu c) Wartungs- und Instandhaltungsrichtlinien sind ebenfalls Bestandteil der Betriebsdokumentationen, wenn auch mit differenzierter Aussagekraft. Als Beispiele seien /18/, /22/, /23/, und /24/ angefuehrt. Fuer Gegenueberstellungen gleichartiger Anlagen erscheinen von Interesse:
- Wartungs- und Instandhaltungszyklus (z.B. in Betriebsstunden)
- Abhaengigkeiten von Spezialleistungen (nur vom Herstellerservice realisierbare Leistungen)
- Aufwand und Kompliziertheit der Arbeitsgaenge (Anzahl und Zeiten; Werkzeuge und Vorrichtungen)
- Zugaenglichkeit (z.B. Arbeiten unter Zwangshaltungen)

Als sehr guenstig kann es angesehen werden, wenn der Wartungs- und Instandhaltungszyklus hoch ist bzw. eine Einordnung der erforderlichen Arbeiten in den von der Reederei geplanten Werftliegezeiten ermoeglicht wird. Darueber hinaus waere ein modularer Aufbau einer Anlage oder eines Systems vorteilhafter, wenn bei geringfuegiger Betriebsunterbrechung die zu wartenden Module ausgewechselt und bei dann weiterlaufendem Betrieb des Systems nebenbei regeneriert werden koennen.

zu d) Unter den arbeitshygienischen Bedingungen seien die Umstaende verstanden, die auf Grund der Konstruktion der Anlage bzw. seiner Elemente zu physischen und psychischen Belastungen sowie Beanspruchungen waehrend des Betriebes fuehren. In Zusammenfassung der in /56/ getroffenen Aussagen lassen sie sich in folgender Uebersicht darstellen (Tab. 5'2):

Tab. 5'2: Physische und psychische Beanspruchungen und Belastungen

	aktive	passive
physische	statische und dynam. Muskelarbeit (auch unter Zwangshaltungen)	Klima; Vibrationen; Staeube, Gase und Daempfe
psychische	Wahrnehmung; Aufmerksamkeit, Konzentration; sensumotorische Koordination; Gedaechtnis, Denken	Laerm; Beleuchtung

zu e) Die Arbeits- und Brandschutzbestimmungen fuer Schiffsmaschinenanlagen sind in den Vorschriften der Klassifikationsorgane, wie z.B. der "DSRK (DDR-Schiffs-Revision und -Klassifikation)", des "Registers der UdSSR" oder des "Bureau Veritas", internationaler staatlicher Organe bzw. Institutionen (z.B. des Ministeriums der Seeflotte der UdSSR oder des Bundesregisters der USA) sowie in internationalen Abkommen, wie der "Internationalen Konvention zum Schutz des menschlichen Lebens auf See, 1974 (SOLAS '74), geregelt (/61/-/66/). Die hierin enthaltenen eindeutigen Auflagen muessen bereits bei der Projektierung von Schiffen Beruecksichtigung finden

und gegenueber den Zulieferbetrieben der Werften durchgesetzt werden. Testate, Abnahmeprotokolle u.ae. weisen die Eignung von Anlagenelementen fuer den vorgesehenen Einbau aus.

Von nicht zu unterschaetzendem Wert sind auch die international gesammelten Erfahrungen beim Betrieb von Schiffsmaschinenanlagen. Bei entsprechenden Wissenserhebungen duerften vorzugsweise die zahlreichen Veroeffentlichungen, wie z.B. /26/-/44/, /59/-/60/ oder /69/, heranzuziehen sein.

5.2. Wissenskomplex Konstruktion

Dieser Komplex umfasst das Design und die Dimensionierung, welche zu Einflussfaktoren bei einer konstruktiv-technologisch optimalen Gestaltung einer Maschinenanlage werden koennen.

5.2.1. Die Dimensionierung

Ueber die Zusammenhaenge zwischen Konstruktion und Funktion bzw. Dimensionierung und Leistungsparameter werden noch im Abschnitt 5.5. naehere Ausfuehrungen gemacht. Im allgemeinen kann man davon ausgehen, dass hoehere Leistungen einer Anlage nur ueber groesser ausgelegte Funktionselemente, die fuer das Vollbringen der Leistungen unmittelbar verantwortlich sind, erzielt werden. Eine Vergroesserung der Funktionselemente hat zwangslaeufig eine Vergroesserung anderer Elemente, z.B. bei Pumpen des Gehaeuses, der Grundplatte, der Saug- und Druckstutzen, zur Folge. Die hierueber erzielten Hauptabmessungen und Massen werden bei einer konstruktiv-technologisch optimalen Gestaltung von Interesse sein. Dazu folgende Betrachtungen:

a) Hauptabmessungen

Das Raumangebot auf Schiffen ist begrenzt. Zahlreiche die schiffbauliche und maschinenbauliche Dimensionierung betreffenden Faktoren, wie z.B.

- Schiffshauptabmessungen und Formparameter

- Anzahl und Groesse der Funktionalbereiche (u.a. Laderaum, Maschinenraum, Aufbauten, Tanks);

muessen bereits in der Projektierungsphase Beruecksichtigung finden. Hierzu siehe auch /10/. Grundsaetzlich wird ein hoeherer Raumbedarf zu Lasten der Groesse anderer Raeume gehen. Es bestehen daher die beiden Moeglichkeiten,

1) einem bestimmten Raumbedarf, z.B. fuer die Maschinenanlage, eine hoehere Prioritaet beizumessen und Raumverluste, z.B. fuer den Laderaum, in Kauf zu nehmen

oder

2) den zur Verfuegung stehenden Raum so effektiv wie moeglich auszulasten und insbesondere im Maschinenraumbereich den Bedarf auf ein zulaessiges Minimum, d.h. im Rahmen der geltenden Vorschriften noch zu reduzieren.

Sinnvollerweise sollte bei Frachtschiffen nur auf die Reduzierung des Raumbedarfes im Maschinenraumbereich zurueckgegriffen werden. Dieser Weg ist beschreitbar, wenn

- die Grund- bzw. Aufstellungsflaeche der Maschinenanlage oder ihrer Elemente

und

- die Einbauhoehe

relativ klein sind. Es koennte entsprechend den oertlichen Gegebenheiten zu einem Raumgewinn kommen, wenn Maschinen und Apparate sich vertikal oder sogar uebereinan-

der anordnen lassen. Diesbezuegliche Moeglichkeiten sind aber auch von der Maschinenraumgestaltungskonzeption (Maschinenanordnung in Einheit mit der schiffbaulichen Gestaltung des Maschinenraumbereiches) abhaengig. Sind sowohl Grundflaeche als auch Volumen gering, kann von einer nahezu idealen Dimensionierung gesprochen werden.
Die Quantifizierung der objektbezogenen Fakten bzw. Daten ist einfach und von vornherein durch die in den technischen Dokumentationen angegebenen Abmessungen gesichert.

b) Massen

Die Massen der Elemente einer Maschinenanlage bestimmen sich aus den Abmessungen und den zum Einsatz gelangenden Werkstoffen. Es bestehen aehnliche Beziehungen wie unter a) dargestellt. Fuer die Transportkapazitaet eines Schiffes ist somit eine geringe Eigenmasse vorteilhafter. Darueber hinaus darf der Einfluss auf die Stabilitaet des Schiffes nicht uebersehen werden. Hierauf ist insbesondere bei der raeumlichen Anordnung der Anlagenelemente zu achten.

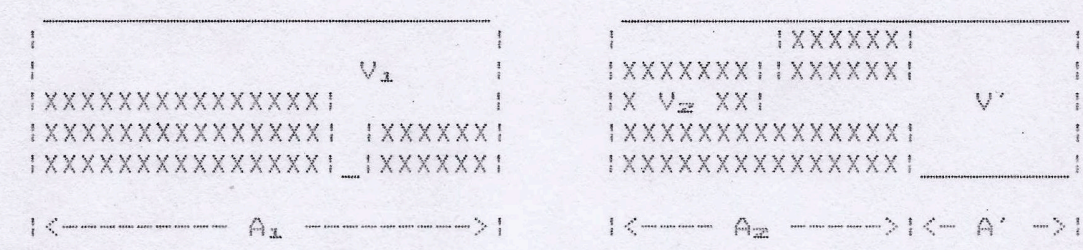
5.2.2. Die Gestaltung

Unter dem Begriff "Gestaltung" sei die Einheit von
- Formgebung der Anlage bzw. der aktiven Systemelemente,
- Anordnung der Baugruppen einschliesslich Bedien- und Kontrollelemente sowie
- kuenstlerisch-aesthetischer Gestaltung

verstanden. Funktionelle, konstruktive, technologische und oekonomische Wechselbeziehungen werden von der Gestaltung eines Produktes ausgeloest (/54/, /57/). Bei der Einbindung einer Anlage bzw. eines aktiven Systemelementes in ein Schiffsmaschinensystem werfen sich folgende Fragen auf:

a) Laesst die Form der Anlage bzw. ihrer Elemente bei der Anordnung weiterer Anlagen oder Elemente die Durchdringung der Hauptabmessungen (max. Laenge, Breite, Hoehe oder Durchmesser) zu, um zu einer Reduzierung der Stellflaeche oder des Raumbedarfes zu gelangen (Abb. 5/2)?

Abb. 5/2: Formgebung und Stellplatz-/Raumbedarf



Es ist folgender mathematischer Bezug herstellbar:

$A_1 = A_2 + A'$ [1] bzw. $A_1 > A_2$ [2]

$V_1 = V_2 + V'$ [3] bzw. $V_1 > V_2$ [4]

A_1 = beanspruchte Grundflaeche bei Nichtdurchdringung
A_2 = beanspruchte Grundflaeche bei Durchdringung
A' = nicht beanspruchte Grundflaeche bei Durchdringung
V_1 = beanspruchter Raum bei Nichtdurchdringung
V_2 = beanspruchter Raum bei Durchdringung
V' = nicht beanspruchter Raum bei Durchdringung

b) Werden Formgebung und Anordnung der Baugruppen der Anlage bzw. des aktiven Anlagenelementes den Forderungen des Arbeits- und Brandschutzes gerecht (z.B. Abrundungen von Ecken und Kanten; Rutsch- und Absturzsicherheit bei Bedien-, Kontroll- und Wartungsarbeiten; Sichtbarkeit und Zugaenglichkeit der Bedien- und Kontrollelemente; Vermeidung von Zwangshaltungen und Behinderungen) ?

c) Sind die Baugruppen modular und leicht auswechselbar angeordnet? Welche Rolle spielen bei Instandhaltungsprozessen die Verbindungs- und Halterungselemente ?

d) Wie finden arbeitshygienische Grundforderungen (siehe Abschnitt 5.1.2.) Beruecksichtigung? Muss die Anlage unter vermeidbaren oder sogar unzumutbaren Beanspruchungen bzw. Belastungen betrieben werden? Ergonomische Richtlinien finden sich u.a. in /53/ und /56/.

e) Weist die Anlage bzw. das aktive Systemelement eine hohe Kompaktheit, d.h. zahlreiche selbststaendig funktionsfaehige Baugruppen, auf ?

5.3. Wissenskomplex Technologie

Von wesentlicher Bedeutung ist der technologische Aufwand fuer die Anfertigung, die Vorbereitung, den Transport, die Montage und Erprobung, aber auch die Instandhaltung von Elementen einer Schiffsmaschinenanlage, schlaegt er sich doch
- in der Bindung von Arbeitskraeften sowie
- in der Nutzung erforderlicher Grund- und Arbeitsmittel

fuer einen bestimmten Zeitraum nieder. Dieser Aspekt spiegelt sich in den Selbstkosten wider, ist aber auch von den gegebenen betriebsspezifischen Bedingungen, wie z.B. Fertigungsprinzip und vorhandene Grund- und Arbeitsmittel, abhaengig. Jenen Einflussfaktor einmal vernachlaessigend, muss immer noch auf die Abhaengigkeit des technologischen Aufwandes von der Konstruktion (siehe Abschnitt 5.5.) hingewiesen werden. Nachfolgend seien einige technologische Aspekte naeher beleuchtet:

5.3.1. Der Fertigungsaufwand

Sind Bauelemente jeglicher Art anzufertigen, wie z.B. Fundamente, Halterungen, nicht standardgerechte Anschlusselemente u.a.m., muss mit einem entsprechenden Aufwand gerechnet werden. Wenngleich beim Entwurf einer Schiffsmaschinenanlage noch nicht unbedingt eine Aufwandskalkulation erforderlich ist, koennen dennoch bestimmte aufwandsbeeinflussende Faktoren schon beruecksichtigt werden. Solche sind
- die Notwendigkeit der (fuer die Werft zusaetzlichen) Anfertigung von Bauelementen ueberhaupt, die sich aus der Konstruktion der Maschinenanlage bzw. seiner Elemente selbst ergibt
- die Menge der benoetigten Bauelemente
- die Konstruktion der Bauelemente (Dimensionierung, Gestaltung)
- die technologischen Moeglichkeiten der Werft bzw. ihrer Kooperationspartner zur effektiven Anfertigung dieser Bauelemente

Ist die Anfertigung von Bauelementen unabdingbar, so beeinflussen nur noch deren konstruktive Ausfuehrung und die zur Anwendung gelangenden Fertigungsverfahren den Aufwand. Dabei sollte die Praemisse Beachtung finden, dass das technologisch effektivste Verfahren durch die Konstruktion abzusichern ist. Hierzu ein einfaches Beispiel:

> Ein Fundament fuer eine Pumpe kann aus einem ganzen Rohling gebohrt und gefraest werden, oder aber auch gegossen bzw. nicht zuletzt als Schweisskonstruktion ausgefuehrt sein. Auch innerhalb dieser Verfahren bestehen noch eine Reihe von Moeglichkeiten. So laesst sich das geschweisste Fundament aus Einzelblechen oder einer Blechabwicklung zusammensetzen. Letztere Variante ist, soweit die entsprechenden technischen Vorausssetzungen gegeben sind, vorzuziehen.

5.3.2. Der Vorbereitungsaufwand

Hierunter sei der Aufwand zur Vorbereitung von Bauelementen, -gruppen oder kompletter Elemente einer Schiffsmaschinenanlage fuer technologische Folgeprozesse verstanden. Vorbereitungsarbeiten in diesem Sinne sind z.B.
- das Konservieren bzw. Entkonservieren
- das Verpacken und Auspacken
- das Befestigen oder Entfernen von Sicherungsmitteln

als Voraussetzungen fuer den Transport sowie die Montage. Entsprechende Informationen ueber die Notwendigkeit und die Quantitaet des zu betreibenden Vorbereitungsaufwandes lassen sich u.a.
- den Betriebsdokumentationen von Maschinen, Apparaten und Geraeten
- den einschlaegigen Vorschriften (Standards, betrieblichen Arbeitsanweisungen, Qualitaetsrichtlinien, Rahmentechnologien u.ae.)

entnehmen.

5.3.3. Der Transport- und Lageraufwand

Obwohl Transport und Lagerung Hilfsprozesse in der Fertigung sind, koennen sie mit erheblichen Problemen behaftet sein. Alleine der Transport ist von folgenden Faktoren abhaengig:
- Dimensionierung der Transportgegenstaende (Abmessungen, Massen)
- Qualitaetsanforderungen an den Transport (z.B. zulaessige Transportlagen und -technologien)
- erforderliche Transportwege (u.a. durch die oertliche Lage der Werkstaetten bzw. Arbeitsplaetze vorgegeben)
- zur Verfuegung stehende Transportmittel

Lassen die Transportmittel sowie -wege voraussichtlich eine komplette Umsetzung von Elementen einer Schiffsmaschinenanlage nicht zu, muessen gegebenenfalls solche Massnahmen vorgesehen werden, wie
- zeitweilige Demontage ausgewaehlter Baugruppen
- Vorbereitung besonderer Transportwege und Montageoeffnungen im Schiff
- Bereitstellung besonderer Transport- und Hebemittel
- veraendertes Maschinenraumgestaltungskonzept
- Modifikation des Montageablaufplanes bzw. der Baufolge.

Eine Lagerung von Schiffsmaschinenanlagenelementen macht sich sowohl bei deren fruehzeitiger Fertigstellung oder Anlieferung erforderlich als auch dann, wenn sie in den Reserveteilbestand aufgenommen werden sollen. Im allgemeinen sind hiermit die bereits unter 5.3.2. genannten Vorbereitungs- sowie regelmaessige Wartungsarbeiten verbunden.

Der Aufwand fuer den Transport und die Lagerung von Elementen einer Schiffsmaschinenanlage ist aus den zugehoerigen technischen Dokumentationen, wie Zeichnungen, Montageanleitung u.ae. (/18/-/24/) unter Beruecksichtigung der betrieblichen technologischen Voraussetzungen ableitbar.

5.3.4. Der Montageaufwand

Die Montage von Anlagenelementen und ihren Baugruppen kann sich als sehr komplexer und komplizierter technologischer Prozess erweisen, ist er doch abhaengig von
- der Anzahl und Vielfalt der zusammenzufuegenden Bauelemente,
- der sich aus ihrer konstruktiven Anordnung ergebenden Montagereihenfolge,
- den zur Anwendug gelangenden Montageverfahren und -mitteln sowie
- den raeumlichen sowie zeitlichen Montagebedingungen.

Der in der Regel in mehreren Etappen ablaufende Montageprozess wird mit dem Aufstellen bzw. Anordnen aller Elemente eingeleitet. Diese sind dann zueinander auszurichten und zu fixieren. Zumeist werden anschliessend noch die hierfuer besonders geeigneten letzten Elemente eingepasst. Den Abschluss des Montageprozesses bildet das kraft- bzw. formschluessige Verbinden aller Elemente.

Einem bedeutenden Einfluss auf den Montageaufwand haben die Passarbeiten. Da mit den Verfahren, die bei der Anfertigung der zu montierenden Elemente zur Anwendung gelangen, sowie den hierfuer zur Verfuegung stehenden Arbeitsmitteln nur bestimmte Fertigungsgenauigkeiten erzielbar sind, muessen die vorhandenen masslichen Abweichungen ausgeglichen werden. Es bestehen die Moeglichkeiten,
- die noch fehlenden Elemente erst waehrend des Montageprozesses nach Aufmass anzufertigen (Passelemente) oder
- mit Uebermass vorgefertigte Elemente durch Materialabtragungen einzufuegen.

Mit geeigneten konstruktiv-technologischen Massnahmen, wie z.B.
- der Vormontage von Anlagenelementen, Baugruppen usw. auf Fundamenten (Blockbauweise),
- der Giessharzfundamentierung,
- dem Einsatz flexibler Rohrelemente und Schlaeuche sowie
- der Verbindung von Bauelementen ueber Langloecher o.ae.

kann ein derartiger Aufwand von vornherein reduziert werden.

5.3.5. Der Erprobungsaufwand

Die nach Abschluss der Montage der gesamten Schiffsmaschinenanlage durchgefuehrte Erprobung dient dazu,
- die Funktionstuechtigkeit aller Anlagenelemente und ihr Zusammenwirken als technisches System zu ueberpruefen,
- den Nachweis zu erbringen, dass die tatsaechlichen Leistungsparameter der Anlage den im Projekt errechneten Sollparametern (siehe Abschnitt 5.1.) entsprechen und
- ueber Simulationen das Verhalten der Schiffsmaschinenanlage oder ihrer Elemente unter bestimmten Betriebssituationen kennenzulernen.

Fuer den Hersteller wird die Erprobung somit zur Qualitaetskontrolle, wogegen sich der kuenftige Nutzer zugleich in den Betrieb der Anlage einweisen laesst.

Da die Erprobung den Schiffsbetriebsbedingungen entsprechen muss, unterliegt sie zumindest aehnlichen Ablaeufen und Regelungen, die insbesondere von den zustaendigen Klassifikationsorganen, Bauaufsichten und Herstellern der zugelieferten

Anlagenelemente vorgegeben werden (/18/, /20/-/24/, /61/-/66/). Der hiermit verbundene Aufwand laesst sich aus
- der Anzahl der festgelegten Handlungen und
- den Handlungszeitraeumen
ableiten.

5.3.6. Der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand

Von besonderem Interesse fuer den Betreiber einer Schiffsmaschinenanlage ist der mit ihrer Wartung und Instandhaltung verbundene Aufwand.
Die regelmaessig vorzunehmenden Wartungsarbeiten umfassen
- die Pflege ausgewaehlter Baugruppen und -teile der Anlage bzw. ihrer Elemente (z.B. Schmierung, Konservierung)
- die Reinigung, insbesondere sensibler oder betriebswichtiger Elemente (z.B. Filter, Duesen) sowie
- die Befundung der Baugruppen und -teile, die staendigen Beanspruchungen unterliegen (z.B. Pumpen, Waermetauscher, Separatoren, Armaturen).

Alle diese praeventiven Massnahmen werden im allgemeinen vom Hersteller der Anlage bzw. ihrer Elemente vorgegeben oder zumindest empfohlen (/18/, /20/-/24/) und dienen dazu, einen moeglichst langen stoerungsfreien Betrieb zu sichern.
Instandhaltungsarbeiten sind erforderlich, wenn
- Verschleisserscheinungen nach laengerer Betriebsdauer einen Ausfall besonders belasteter Baugruppen oder -teile erwarten lassen (z.B. Gleit- sowie Waelzlager) und
- die gesamte Anlage oder eines ihrer Elemente durch Ueberbeanspruchungen, Verschleisserscheinungen usw. bereits ausgefallen ist.

Die planmaessige vorbeugende Instandhaltung, gegebenenfalls verbunden mit Modernisierungsmassnahmen, beinhaltet das Auswechseln oder Regenerieren sensibler Baugruppen und -teile. Zumeist wird ein entsprechender praeventiver Massnahmeplan einschliesslich Ersatzteilstock schon vom Hersteller bereitgestellt. Durch den Betreiber der Schiffsmaschinenanlage sollte dieser Plan moeglichst Beruecksichtigung finden, so z.B. waehrend der Hafen- und Werftliegezeiten. Darueber hinaus koennen Befunde im Rahmen der Wartungsarbeiten eine Instandhaltungsmassnahme zur Folge haben.
Der Aufwand sowohl fuer die Wartungs- als insbesondere auch die Instandhaltungsarbeiten laesst sich von den hiermit verbundenen Arbeitsgaengen ableiten.

5.4. Wissenskomplex Oekonomie

Beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen verdienen auch oekonomische Gesichtspunkte besondere Beachtung. So ist der Hersteller der Anlage an einer Reduzierung der spezifischen Fertigungskosten interessiert, waehrenddessen der kuenftige Betreiber sein Augenmerk auf moeglichst geringe Investitions- und Betriebskosten richtet. Sowohl die Kosten als auch der Gewinn sind fuer beide Seiten bestimmbar, insbesondere in der sogenannten Abrechnungsphase, d.h. in Kenntnis des angefallenen Aufwandes und eingelaufenen Ergebnisses.

An jeweils einem ausgewaehlten Beispiel soll nachfolgend demonstriert werden, welche oekonomischen Aspekte beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen zu beruecksichtigen sind:

5.4.1. Oekonomische Effektivitaet im Seetransport

Das Verhaeltnis von Aufwand zu Ergebnis (Effektivitaet) laesst sich u.a. ueber Naturalkennziffern ausweisen. Als zwei Vertreter seien die Grundfondseffektivitaet und die Arbeitsproduktivitaet vorgestellt werden (/6/):

1) Grundfondseffektivitaet

$$e_{GFG} = \frac{M * v_D}{M_{Ges}} * \left(1 - \frac{T_{HL} + T_A}{T_S + T_{HL} + T_A}\right) \qquad [5]$$

M - transportierte Guetermenge

M_{Ges} - Gesamtmasse des Schiffes
$= M_{ST} + M_{MA} + M_{AE}$
- M_{ST}: Masse Schiffskoerper
- M_{MA}: Masse Maschinenanlage
- M_{AE}: Masse Ausruestung, Einrichtung

v_D - Dienstgeschwindigkeit

T_E - Einsatzzeit
$= T_S + T_{HL} + T_A$
- T_S: Seezeit
- T_{HL}: Hafenliegezeit
- T_A: Ausfallzeit

Diese Kennziffer verdeutlicht, dass eine hohe Grundfondseffektivitaet erzielt werden kann, wenn bereits beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen folgende Bedingungen beachtet werden:

- Reduzierung der Gesamtmasse des Schiffes (z.B. im Schiffsmaschinenbereich) zugunsten einer hoeheren Ladungsmasse (Tragfaehigkeit)
- Erhoehung des Laderaumvolumens fuer groessere Transportmengen ueber eine Reduzierung der Maschinenraumgroesse
- Erhoehung der Einsatzzeit auf See durch eine hohe Zuverlaessigkeit der technischen Systeme

2) Arbeitsproduktivitaet

$$e_{AP} = \frac{M * v_D}{AK} * T_E * \left(1 - \frac{T_A + T_{HL}}{T_B + T_A + T_{HL}}\right) \quad [6]$$

AK - waehrend der Einsatzzeit des Schiffes einzusetzende Arbeitskraefte
$= AK_D + AK_M + AK_W$
AK_D im Decksbereich
AK_M im Maschinenbereich
AK_W im Wirtschaftsbereich

Unter den o.g. Bedingungen laesst sich auch eine hohe Arbeitsproduktivitaet sichern. Darueber hinaus traegt ein hoher Automatisierungsgrad dazu bei, die erforderliche Besatzungsstaerke und damit die Lohnkosten zu reduzieren.

5.4.2. Oekonomische Effektivitaet im Schiffbau

Die Baukosten fuer ein Schiff setzen sich aus den Kosten zur Schiffsentwicklung (Vorbereitung) und Schiffsfertigung (Durchfuehrung) zusammen (/55/):

$$BK = VK + DK \quad [7]$$

VK Vorbereitungskosten
DK Durchfuehrungskosten
BK Baukosten

1) Die Durchfuehrungskosten

Als geeignetste Methode zur Bestimmung der Durchfuehrungskosten wird die nach Carrayette angesehen (/55/). Da die Elemente einer Schiffsmaschinenanlage, wie z.B. der Kraftstoffaufbereitungsanlage, nicht ausschliesslich als Elemente einer Maschinenanlage betrachtet werden koennen, sondern Bestandteil der Ausruestung sowie des Schiffskoerpers sind (/10/), wurde eine Praezisierung des Verfahrens von Carrayette vorgenommen (/53/):

$$\begin{aligned} DK = \{A' * \frac{m_B^{2/3} * L_{PP}^{1/3}}{C_B} + B' * m_B^{0,73}\} \\ + \{C' * m_A^{0,71} + D' * m_A^{0,7}\} \\ + \{E' * P_{Antr.}^{0,71}\} \\ + \{H' * m_R^{0,72} + I' * m_R\} \\ + \{J' * l_K^{0,885} + K' * P_{el.}^{0,82}\} \end{aligned} \quad [8]$$

mit

$$A' = t_h * C_B * \left(\frac{m_S}{L_{pp}}\right)^{1/3} * K_h \qquad [9]$$

$$C' = \frac{t_h * K_h}{m_A} \qquad [10]$$

$$E' = \frac{t_h * K_h}{P_{Antr.}} \qquad [11]$$

$$H' = \frac{t_h * K_h}{m_R} \qquad [12]$$

$$J' = \frac{t_h * K_h}{l_K} \qquad [13]$$

C_B = Blockkoeffizient (Voelligkeitsgrad)
l_K = installierte Kabellaenge
L_{pp} = Laenge zwischen den Loten
m_A = Masse der Ausruestung
m_R = Masse der Rohrleitungen
m_S = Masse des Schiffskoerpers
$P_{Antr.}$ = Antriebsleistung der Maschinenanlage
$P_{el.}$ = install. elektr. Verbraucherleistung
t_h = Zeitaufwand in Stunden
K_h = Kostensatz je Stunde
A' = Lohnkostenfaktor fuer den Bau des Schiffskoerpers
B' = spezifische Materialkosten fuer den Schiffskoerper
C' = Lohnkostenfaktor fuer die Ausruestung des Schiffes
D' = spezifische Materialkosten fuer die Schiffsausruestung
E' = Lohnkostenfaktor fuer die Montage der Antriebsanlage
H' = Lohnkostenfaktor fuer den Einbau der Rohrleitungen
I' = spezifische Materialkosten fuer die Rohrleitungen
J' = Lohnkostenfaktor fuer die Elektroinstallation
K' = spezifische Materialkosten fuer die Kabel

Der Kostensatz einer Schiffswerft, die Lohnkostenfaktoren und die spezifischen Materialkosten sind im allgemeinen vom Entwicklungsingenieur nicht beeinflussbar, so dass lediglich die Moeglichkeit besteht, ueber eine Reduzierung der Einbauten den erforderlichen Arbeitszeitaufwand und damit die Lohn- sowie Materialkosten zu senken. Insbesondere ist hierbei auf

- kurze Rohrleitungs- und Kabelwege zwischen den Elementen einer Schiffsmaschinenanlage,

- ein Minimum an Verbindungselementen innerhalb eines Rohr- bzw. Kabelstranges und

- die weitgehende Nutzung von Standardbauteilen

u.ae. kostenreduzierende Massnahmen zu orientieren.

2) Die Vorbereitungskosten

Eine Aufwandsvorhersage fuer Projektierungs- und Konstruktionsleistungen ist lediglich mit einer bestimmten Ungenauigkeit moeglich. Fuer die Ermittlung des Aufwandes in der Projektierung wird in /68/ folgende Formel vorgestellt:

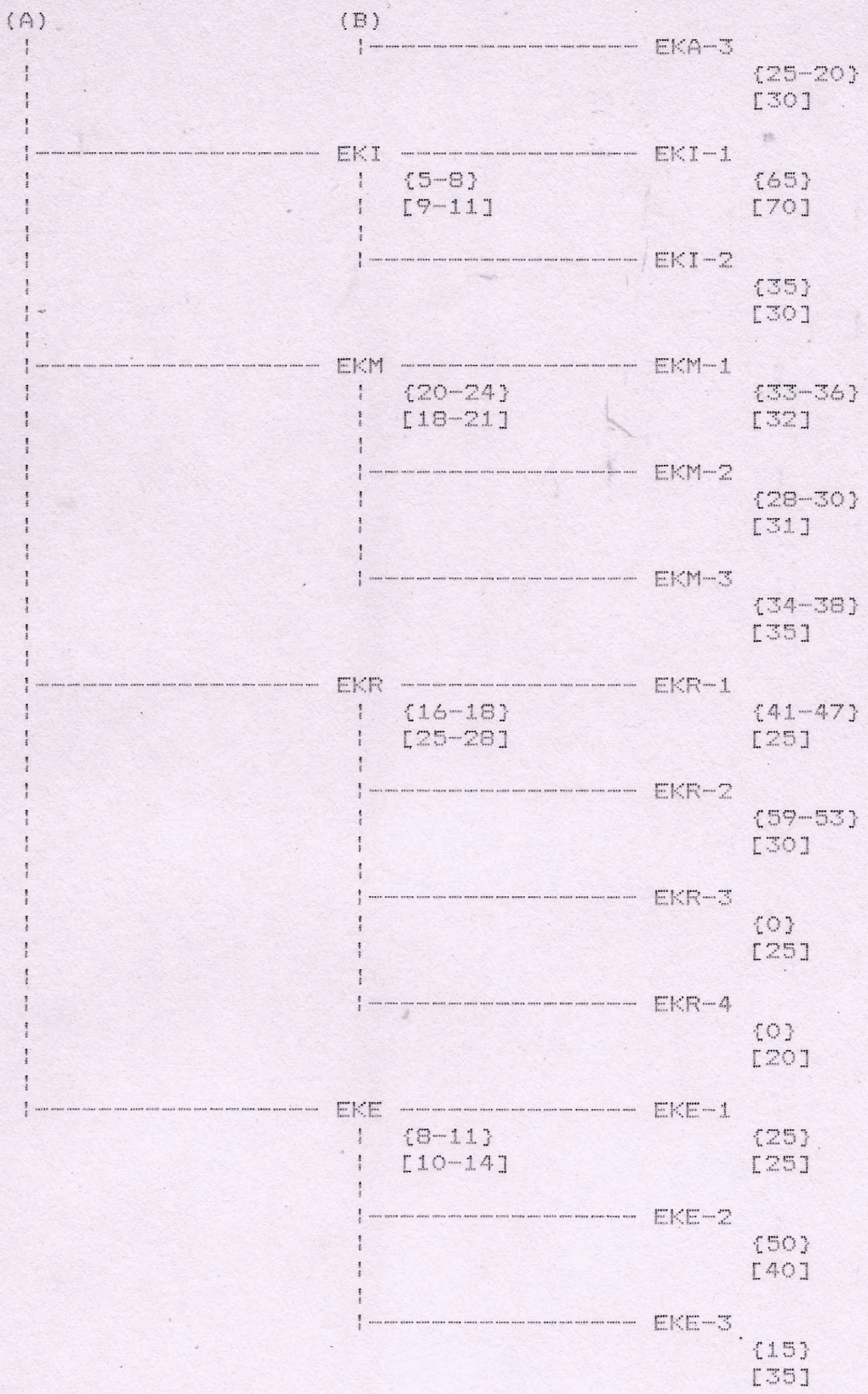
$$T_{PJ} = \frac{a * x}{b + x} * k_{tN} * k_R * k_o \qquad [14]$$

T_{PJ} - Arbeitszeitaufwand fuer die Projektierung
x - Hauptparameter fuer die Schiffsgroesse L, B und H
a - Grenzwert fuer den Projektierungsaufwand
b - konstanter Senkungsfaktor
k_{tN} - Koeffizient fuer das technische Niveau
k_R - Koeffizient fuer die Abhaengigkeit vom Auftraggeber
k_o - Koeffizient fuer technisch-organisatorische Faktoren

Analysen haben ergeben, dass die verschiedenen am Projekt beteiligten Fachabteilungen unterschiedlich stark belastet sind, deren Anteil jedoch in der Regel immer gleich ist (/68/). Diese Anteile spiegeln auch die Kompliziertheit eines Schiffes wider, wie z.B. eine relative Aufwandsverschiebung zum Rohrleitungsbau und der Elektrotechnik auf einen hohen Automatsierungsgrad schliessen laesst (Abb. 5/3).

Abb. 5/3: Prozentuale Aufteilung des Projektierungs- {} und Konstruktionsaufwandes [] fuer Frachtschiffe in den Fachabteilungen der Erzeugnisentwicklung (nach /68/)

Hauptabteilung	Fachabteilung	Fachgruppe
EK	EKS	EKS-1
{100}	{17-35}	{0}
[100]	[15-16]	[75]
		EKS-2
		{33-40}
		[18]
		EKS-3
		{60-67}
		[7]
	EKA	EKA-1
	{5-8}	{60}
	[10-11]	[40]
		EKA-2
		{15-20}
		[30]
(A)	(B)	



Es sei darauf verwiesen, dass die o.a. Formel bei Kenntnis der Koeffizienten und der allgemeinen Anteile der Fachabteilungen an der Gesamtprojektierungsleistung zur Bilanzierung der Entwicklungskapazitaet herangezogen werden kann, nicht jedoch zur Aufwandsabschaetzung fuer Teilprojekte, wie etwa das einer Kraftstoffaufbereitungsanlage. Das wird erst moeglich, wenn wiederum eine Aussage ueber den Anteil der entsprechenden Projektleistung an allen

Projektleistungen der zustaendigen Fachabteilung getroffen wurde.
Aber auch dann waere das Ergebnis bei weitem ungenauer als eine Aufwandskalkulation auf Basis von bekannten Parametern der zu entwickelnden Anlage, da die von den Verfassern in /68/ vorgeschlagene Formel sich nur auf die Schiffshauptabmessungen bezieht.

Aehnlich verhaelt es sich mit der Berechnung des zu erwartenden Konstruktionsaufwandes (/68/):

$$T_E = k_c \left(1 \pm \frac{p}{100}\right)^n * (x^z)^{1/3} * k_A \pm T_{ED} \pm T_{EO} \qquad [15]$$

T_E - Konstruktionsaufwand
k_c - konstanter Faktor, bezogen auf eine bestimmte Schiffsserie, ein Basisjahr und einen Auftraggeber
p - prozentuale Stundeneinsparung bzw. -erhoehung bei Rueckrechnung
n - Zeitraum zwischen Anfall des effektiven Arbeitszeitaufwandes bis Beginn einer neuen Vorbereitungsaufgabe
x - technische Parameter fuer die Schiffsgroesse
k_A - Korrekturfaktor fuer die durch einen Auftraggeberwechsel verursachte Arbeitszeitaufwandsaenderung
T_{ED} - Zeitaufwand fuer zusaetzlichen Einbau oder Entfall von Baugruppen
T_{EO} - Zeitaufwand, betriebsorganisatorisch verursacht

Als Bezugsbasis x werden allerdings nicht unbedingt L, B und H definiert, sondern auf die einzelnen Bauhauptgruppen (/10/) bezogene technische Parameter. Fuer eine Kraftstoffaufbereitungsanlage kommen jedoch mehrere Bauhauptgruppen in Frage und damit auch mehrere Parameter. Mit Tab. 5'3 wird ein Vorschlag fuer entsprechend geeignete technische Parameter unterbreitet.

Tab. 5'3: Empfohlene technische Parameter zur Ermittlung des Konstruktionszeitaufwandes fuer eine Kraftstoffaufbereitungsanlage (auf Basis von /68/)

Bauhauptgruppe	Elemente der Kraftstoffaufbereitungsanlage	technische Parameter x
1 (Schiffskoerper)	Fundamente; Tanks	L * B * H ; Masse BHG 1
4 (Konservierung, Isolierung)	Korrosionsschutz; Rohrleitungsisolierung	L * B * H
6 (Hilfsmaschinen, Apparate)	Pumpen; Behaelter; Waermetauscher; Separatoren; Mischanlagen, Emulgatoren u.ae.	installierte Leistung

7 (Rohrleitungen)	Rohrleitungen fuer den Maschinenbetrieb	Masse BHG 7
8 (E-Ausruestung)	Mess- und Regelgeraete	installierte Leistung

Es ist denkbar, den Gesamtkonstruktionsaufwand fuer eine bereits projektierte Kraftstoffaufbereitungsanlage ueber die Teilaufwaende in jeder Bauhauptgruppe zu berechnen, was aber auch den Bezug auf schon realisierte Projekte voraussetzt.

Zusammenfassend kann eingeschaetzt werden, dass Moeglichkeiten zur Aufwandskalkulation fuer die Technische Vorbereitung (TEVO) bestehen, diese sich jedoch immer auf Vergleichsobjekte stuetzen und damit einer gewissen Ungenauigkeit unterliegen. Empfehlenswert erscheint es, Methoden der Aufwandsermittlung zu entwickeln, die sich aus den technischen Parametern des Entwicklungsgegenstandes unter Beruecksichtigung der in der technischen Vorbereitung ablaufenden Prozesse ableiten.

Die Kosten fuer Entwicklungs- und Vorbereitungsleistungen koennen auf Basis des nach den o.a. Formeln bestimmten Aufwandes dann folgendermassen errechnet werden:

$$VK = \{t_{hP} * K_{hP}\} + \{t_{hR} * K_{hR}\} + K_M \quad [16]$$

t_{hP} - Zeitaufwand fuer den Personaleinsatz [h]
t_{hR} - Zeitaufwand fuer Rechnereinsatz [h]
K_{hP} - Kostensatz fuer TEVO-Personal [M/h]
K_{hR} - Kostensatz fuer Rechnernutzung [M/h]
K_M - Materialkosten [M]

5.5. Die Beziehungen zwischen Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie

Die vorangegangenen Abschnitte 5.1. bis 5.4. verdeutlichten die Komplexitaet des objektbezogenen Fachwissens, das fuer den Entwurf einer Schiffsmaschinenanlage benoetigt wird. Nachfolgend sollen einige Beziehungen zwischen den Wissenskomplexen (Kompliziertheit) vorgestellt werden, aus denen sich weitere Regeln fuer die Wissensbasis des Beratungssystems ableiten lassen.

5.5.1. Die Einheit von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie

Eine Kraftstoffaufbereitungsanlage, die Kraftstoff in ausreichender Menge und in der erforderlichen Qualitaet bereitzustellen hat, kann diese Funktion <F> nur dann erfuellen, wenn die hierfuer geeigneten Anlagenelemente, wie Pumpen, Behaelter, Vorwaermer, Separatoren, Filter, Armaturen usw., auch sinnvoll miteinander zusammengestellt sind. Wie in /7/, /9/, /12/, /13/ und /49/-/52/ demonstriert, sind verschiedene Konstruktionen <K> moeglich. Andererseits koennen die in Anwendung gelangten Anlagenelemente in einer voellig anderen Anordnung eine neue Funktion hervorufen. So finden Waermetauscher auch im Seewasserkuehlsystem (/7/, /9/, /12/) und Separatoren im Schmieroelsystem (/7/, /9/, /12/) Verwendung. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Funktion <F> nur durch eine geeignete Konstruktion <K> gewaehrleistet wird und somit auch von ihr abhaengig ist:

$$\langle F \rangle = f(\langle K_i \rangle) \qquad 1 \leq i \leq n \qquad [17]$$

Wurde eine Kraftstoffaufbereitungsanlage konstruiert, wobei hiermit nicht mehr lediglich Projektunterlagen (/13/-/15/), sondern bereits Fertigungs-, Anordnungs- und Montagezeichnungen (/72/-/77/) vorliegen, ist zu sichern, dass eine entsprechende Fertigung erfolgt. Zur Realisierung der gleichen Konstruktion <K> sind mehrere Technologien <T> moeglich. Als Beispiel sei angefuehrt, dass die Separatoren sowohl bereits in das noch auf der Helling in Bau befindliche Schiff als auch erst am Ausruestungskai durch Montageoeffnungen eingebracht werden koennen. Derartige technologische Varianten sind zu erwaegen, wenn Aggregate nicht termingerecht bereitstehen. Zur Senkung der aufwendigen Montagearbeiten an Bord, insbesondere im Rohrleitungsbau, ist man international im Schiffbau auf die sogenannte Block- oder Modulbauweise uebergegangen. Hier werden komplette Funktionseinheiten bereits in den Werkstaetten vorausgeruestet und als maschinenbauliche Sektion waehrend des Baus des Schiffskoerpers eingebracht. Aber die alte Arbeitsweise, alle Elemente einzeln waehrend der Ausruestungsphase des Schiffes einzufahren, aufmassgerecht anzufertigen und zu montieren, ist immer noch moeglich. Eine Reihe technologischer Varianten sichert den Bau einer Kraftstoffaufbereitungsanlage ab. Es kann wiederum die Aussage getroffen werden, dass eine bestimmte Konstruktion <K> auf eine bestimmte Anzahl aehnlicher Technologien <T> angewiesen

ist:

$$\langle K \rangle = f(\langle T_j \rangle) \qquad 1 \leq j \leq m \qquad [18]$$

Die Oekonomie <Oe> steht zur Funktion, Konstruktion und Technologie in einem etwas anderen Verhaeltnis.
Primaer spiegelt die Oekonomie, womit besser der Begriff "oekonomische Effektivitaet" gemeint ist, das aus der Funktion, Konstruktion und Technologie resultierende Verhaeltnis von Aufwand zu Nutzen wider. So ist die funktionsbedingte Effektivitaet beispielsweise aus dem Energiebedarf aller Aggregate der Kraftstoffaufbereitungsanlage oder aus den Kosten fuer das zum Betreiben der Anlage erforderliche Personal ableitbar. Die konstruktionsbedingte Effektivitaet wird unter anderem vom Raumbedarf der Anlage zugunsten oder zu Lasten des Laderaumvolumens bestimmt. Technologisch kann ueber die Verfahren und damit die erforderliche Arbeitszeit und Arbeitskraeftebindung auf die Effektivitaet Einfluss genommen werden. Damit gilt:

$$\langle Oe_F \rangle = f(\langle F \rangle) \qquad [19]$$

$$\langle Oe_K \rangle = f(\langle K_i \rangle) \qquad [20]$$

$$\langle Oe_T \rangle = f(\langle T_j \rangle) \qquad [21]$$

Zweitens aber wird der Oekonomie eine ausserordentliche Beachtung geschenkt, und zwar sogar in dem Masse, dass Effektivitaetskalkulationen die Entscheidung ueber eine Funktion, Konstruktion oder Technologie beeinflussen. Praktisch wird dabei so verfahren, dass dem gesellschaftlichen Beduerfnis (Funktion <F>) mit der oekonomischten konstruktiven (Konstruktion $\langle K_i \rangle$) und technologischen (Technologie $\langle T_j \rangle$) Variante Rechnung zu tragen ist. So kann auch die Aussage getroffen werden:

$$\langle F \rangle = f(\langle Oe \rangle) \qquad [22]$$

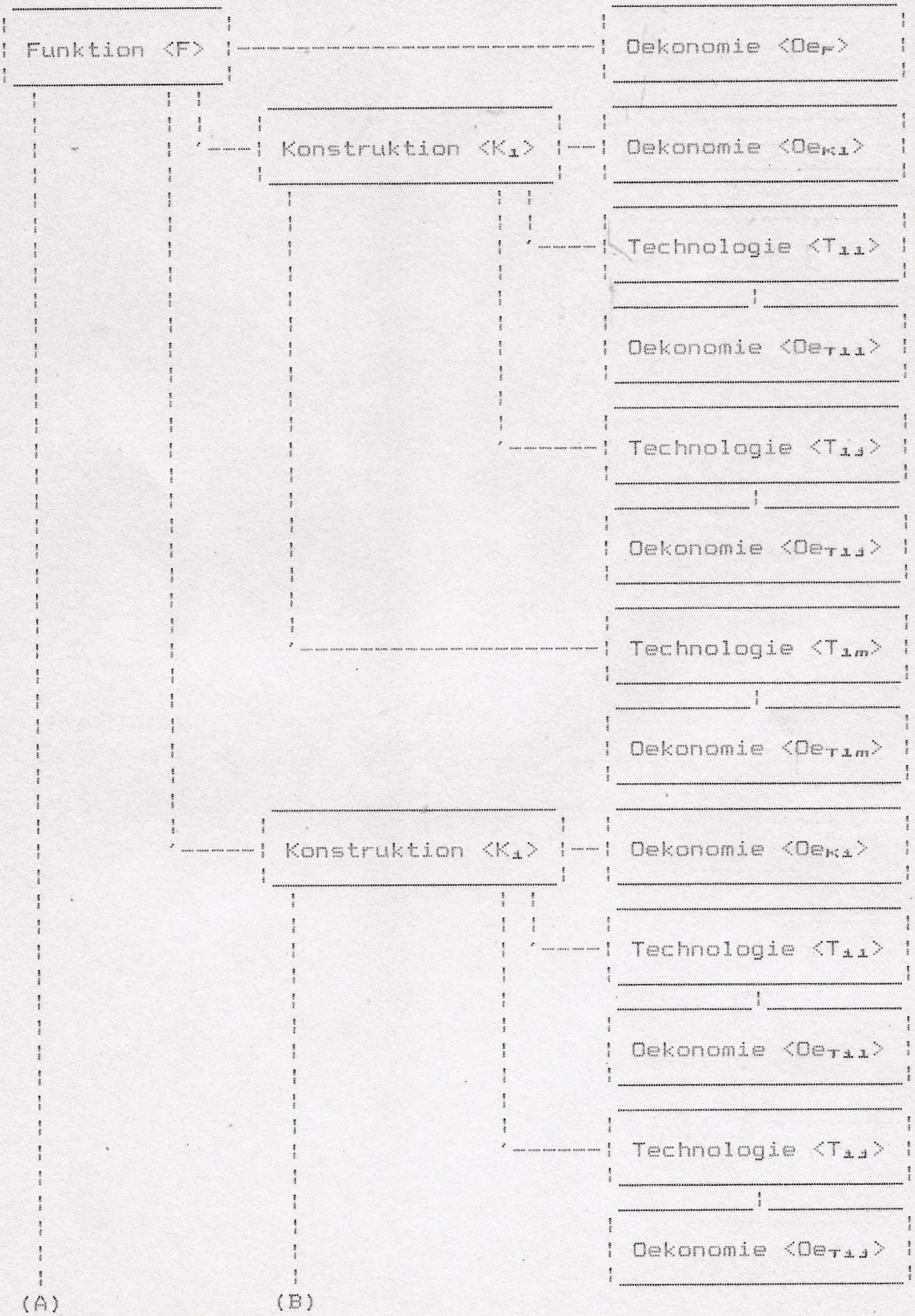
$$\langle K_i \rangle = f(\langle Oe \rangle) \qquad [23]$$

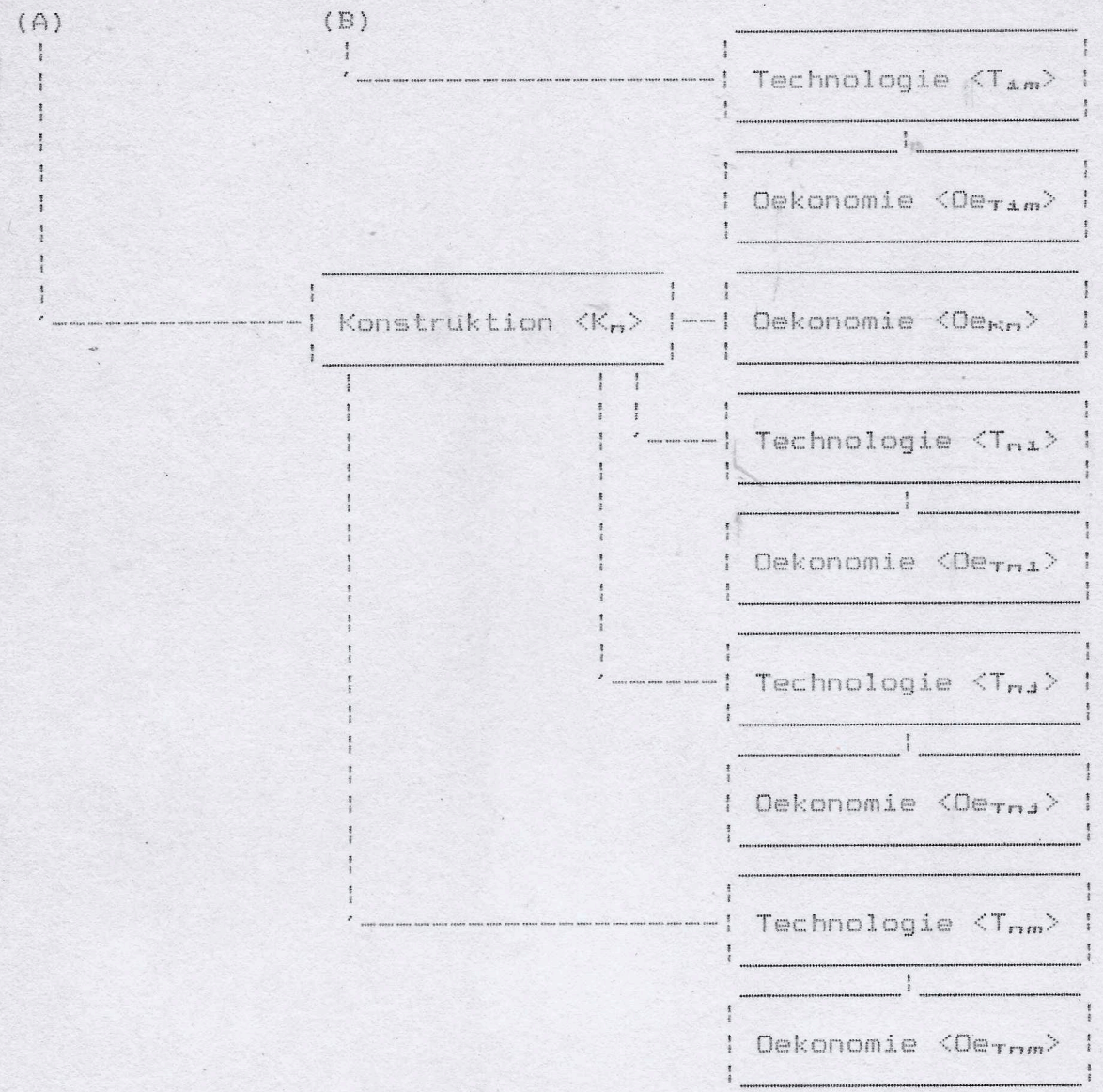
$$\langle T_j \rangle = f(\langle Oe \rangle) \qquad [24]$$

Diese Beziehungen verdeutlichen die bestehenden Wechselwirkungen. Die Frage, welcher bei der optimalen Gestaltung das Hauptaugenmerk zu schenken ist, laesst sich nicht einfach beantworten. Es wuerden alle Beruecksichtigung finden, wenn im Entwicklungsprozess stets oekonomische Betrachtungen einbezogen werden und deren Ergebnisse mit bei einer Entscheidungsfindung beitragen.

Die Einheit von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie ist grafisch nochmals in Abb. 5/4 dargestellt.

Abb. 5/4: Die Einheit von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie





5.5.2. Die Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie

Die Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie laesst sich am vorteilhaftesten anhand ausgewaehlter Parameter demonstrieren. In den Anlagen 1/1 bis 1/6 sind dazu entsprechende Beispiele aufgefuehrt.

Beispiel 1 (Anlage 1/1):

Optimierungsziel ist die Reduzierung der Stellflaeche fuer die Anlagenelemente, wie Pumpen, Vorwaermer, Separatoren u.ae.. Diese Reduzierung kann erzielt werden, wenn

- im Idealfalle nur Anlagenelemente mit der geringsten Grundflaeche zur Anwendung gelangen oder
- im Realfalle die Summe aller Grundflaechen ein Minimum an Stellplatz bedarf, wobei sicherlich Anlagenelemente mit einer groesseren Grundflaeche andere vorteilhaftere Parameter, wie z.B. den Energiebedarf, aufweisen.

Ein geringer Grundflaechenbedarf bietet Moeglichkeiten zur Verbreiterung der Gaenge im Maschinenraumbereich und zur Verbesserung der Zugaenglichkeit bei Wartungs- und Reparaturarbeiten. Daraus resultieren auch entsprechend bessere Arbeits-

bedingungen. Andererseits besteht die Moeglichkeit, die Maschinen und Aggregate zusammenzuruecken, um gegebenenfalls den Maschinenraum um ein oder mehrere Spantfelder zu verkuerzen. Dieser Effekt wird zwar kaum durch Optimierungsmassnahmen nur bei der Kraftstoffaufbereitungsanlage, eventuell aber in der Gesamtheit aller Systeme denkbar sein. Das haette zur Folge, dass der Laderaum vor dem Maschinenraum verlaengert werden koennte, was wiederum eine Erhoehung der Laderaumkapazitaet und damit oekonomische Effekte fuer den Seetransport mit sich braechte.

Beispiel 2 (Anlage 1/2):

Hier besteht das Optimierungsziel in einer Reduzierung des Hauptvolumens der Anlagenelemente. Mit dem Hauptvolumen sei das aus den Maximalabmessungen gebildete Volumen verstanden. Waehrenddessen eine Reduzierung der Grundflaeche nach Beispiel 1 auch ueber eine senkrechte Anordnung dafuer geeigneter Maschinen oder Aggregate erzielbar ist, was insbesondere fuer Waermetauscher oder Pumpen zutraefe, und sich damit aber die Bauhoehe vergroessert, soll hier der insgesamt beanspruchte Raum auf ein Minimum reduziert werden. Die erzielten Effekte entsprechen dann denen im vorangegangenen Beispiel.

Beispiel 3 (Anlage 1/3):

Die Reduzierung der Einzelmassen oder zumindest der Gesamtmasse der Kraftstoffaufbereitungsanlage, wobei die Rohrleitungen, Armaturen und Messgeraete einmal ausgenommen seien, hat Einfluss auf die Schwerpunktlagen im Maschinenraumbereich und damit auch die Stabilitaet des Schiffes. Darueber hinaus verringert sich der Transportaufwand bei Montage- und Reparaturprozessen, insbesondere im Hinblick auf die zum Einsatz gelangenden Hebemittel. Nicht zuletzt koennte eine Reduzierung der Eigenmasse des Schiffes ueber eine derartige Teilmassnahme zu einer Erhoehung der Lademasse fuehren. Daraus resultierte letztlich auch ein fuer den Seetransport oekonomischer Nutzen.

Beispiel 4 (Anlage 1/4):

Das Optimierunsziel besteht in der Reduzierung des Gesamtenergiebedarfes der Kraftstoffaufbereitungsanlage. Im wesentlichen werden Elektroenergie fuer den Antrieb der Pumpen und Separatoren sowie Waermeenergie fuer das Betreiben der Vorwaermer benoetigt. Sowohl die elektrische als auch die Waermeenergie muessen aus dem Energietraeger Brennstoff (Treib- und Heizoele) gewonnen werden. Eine Reduzierung des Oelbedarfes haette eine Senkung der Brennstoffkosten zur Folge. Weiterhin koennten die Bunker zugunsten des Laderaumvolumens verkleinert werden. Ein erhoehtes Laderaumvolumen bietet wiederum zusaetzliche Transportkapazitaet und damit hoehere Frachteinnahmen. Wird auf eine Verkleinerung verzichtet, kann der Aktionsradius des Schiffes ausgeweitet werden. Neben den beibehaltenen geringen Brennstoffkosten liessen sich groessere Frachtrouten dennoch oekonomisch guenstig ausbeuten.

Beispiel 5 (Anlage 1/5):

Die Kompaktheit kann ebenso ein Optimierungsziel sein. Unter Kompaktheit sei das Verhaeltnis von der Anzahl eigenstaendi-

ger Baugruppen zu einer kompletten Funktionseinheit verstanden. Als eigenstaendig koennten neben Pumpen, Vorwaermern, Separatoren auch Armaturen und Messgeraete angesehen werden. Eine kompakte Anlage waere z.B. ein von der Zulieferindustrie angebotener funktionsfaehiger Kraftstoffmischblock. Die Orientierung auf kompakte Anlagenelemente hat neben den unter Beispiel 2 genannten Effekten auch noch weitere, insbesondere funktionelle und technologische. Eine Zentralisierung der Anlagenelemente einschliesslich der Bedien- und Kontrollelemente stellt sich fuer den Anlagenbetrieb vorteilhaft dar. Durch den hohen Vorfertigungsgrad und die modulare Bauweise lassen sich Kompaktanlagen einfach transportieren und montieren. Passarbeiten beschraenken sich nur noch auf die Anschlussstellen, insbesondere die wenigen zu- und abfuehrenden Rohrleitungen. Komplizierte Fundamente sind oftmals nicht mehr erforderlich, was das Ausrichten mit einschliesst. Als nachteilig koennte sich die hohe Packungsdichte der Baugruppen bei kleineren Reparaturarbeiten erweisen, da die Zugaenglichkeit erschwert ist. Muss die komplette Anlage ausgetauscht werden, lassen sich Transporte durch den Maschinenraum und -schacht kaum noch realisieren, so dass auf Montageoeffnungen im Schiffskoerper zurueckgegriffen werden muss. Hiermit sind dann auch groessere Ausbauten von Rohrleitungen, Maschinen und Aggregaten, Kabeln und Isolierungen im Transportwesen verbunden. Arbeitet die kompakte Anlage jedoch mit hoher Zuverlaessigkeit und geringem Wartungsaufwand, ist eine derartige Massnahme nach langjaehrigem Betrieb auch einmal gerechtfertigt.

Beispiel 6 (Anlage 1/6):

Ein weiteres Optimierungsziel besteht in der Reduzierung der Anschlusstellen. Als solche sind Rohrstutzen und Kabelklemmleisten aller Art gemeint. Neben der Verbesserung der Uebersichtlichkeit sowie Zugaenglichkeit im Anlagenbetrieb tritt als wichtigster Effekt eine Senkung des technologischen Montage- und Reparaturaufwandes ein. Die Reduzierung der Anschlussstellen laesst sich schwerlich an einem einzelnen Anlagenelement durchsetzen, wie z.B. an einer Pumpe, die einen Zu- und einen Ablaufstutzen benoetigt, jedoch an aus mehreren Anlagenelementen bestehenden Anlagenmodulen oder -bloecken. Kompakte Anlagenelemente, wie z.B. eine Kraftstoffmischanlage, stellen geeignete technische Loesungen dar. Mit der Senkung des technologischen Aufwandes geht natuerlich auch eine Senkung der Baukosten einher.

5.5.3. Der Einfluss einer optimalen Gestaltung ausgewaehlter Schiffsmaschinenanlagen auf abhaengige andere Systeme

Bei der Optimierung einer ausgewaehlten Schiffsmaschinenanlage, wie es z.B. die Kraftstoffaufbereitungsanlage darstellt, darf nicht uebersehen werden, dass diese funktionell und damit auch konstruktiv mit anderen Systemen verbunden ist; hierzu siehe Tab. 5'4.

Tab. 5'4: Funktionelle Beziehungen ausgewaehlter Schiffsmaschinensysteme (unvollstaendig)

System ist abhaengig von...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Kraftstoffsystem				X	X					X	X
2 Schmieroelsystem					X						
3 Kuehlwassersystem					X						
4 Druckluftsystem					X						
5 E-Energiesystem	X	X	X	X							
6 Klimasystem					X						
7 Hydrauliksystem					X						
8 CO_2-Feuerloeschsystem											
9 Lenz- und Ballastsystem					X						
10 Dampfsystem											
11 Trink-/Waschwassersystem				X	X						

Alleine die Kraftstoffaufbereitungsanlage ist auf Leistungen folgender Systeme angewiesen:
- auf das Elektroenergiesystem zum Betreiben aller Pumpen, der Separatoren, des Automatikfilters, fernbedienbarer Armaturen (Magnetventile) und elektrischer Messgeraete
- auf das Dampfsystem zum Vorwaermen des Kraftstoffes
- auf das Trink- und Waschwassersystem fuer das Kraftstoffseparieren.

Wird die Kraftstoffaufbereitungsanlage nach funktionellen, konstruktiven, technologischen und oekonomischen Gesichtspunkten optimiert, koennten die einzelnen Anlagenelemente, die zugleich Elemente anderer Systeme sind, fuer diese eventuell in keiner Weise optimal sein. Geht man davon aus, dass die erforderlichen funktionellen Parameter bei der Auswahl eines Anlagenelementes, wie z.B. eines Vorwaermers, unbedingt eingehalten werden muessen, jedoch mehrere Typen gleicher Leistung mit unterschiedlichen konstruktiven, technologischen und oekonomischen Parametern zur Verfuegung stehen, wuerde die Entscheidung im Sinne einer optimalen Kraftstoffaufbereitungsanlage fallen. Im Sinne eines optimalen Dampfsystems waere die Wahl vielleicht auf einen Vorwaermer mit gleicher Leistung, aber ansonsten anderen Parametern gefallen. Welche Moeglichkeiten bestehen, diesem Widerspruch zu begegnen? Es werden dazu zwei Wege gesehen:

1) die Festlegung von Prioritaeten bei der Optimierung,
2) die Schaffung eines Algorithmus, der absichert, dass angebundene andere Systeme bei der Optimierung gleichwertig beruecksichtigt werden.

Bezueglich der zweiten Variante muessten an anderer Stelle, d.h. nicht im Rahmen der vorliegenden Arbeit, tiefgruendigere Untersuchungen vorgenommen werden. Es ist aber denkbar, dass eine Optimierungsrechnung, die eine Vielzahl von Parametern zu beruecksichtigen hat, aufwendiger wird als es der Nutzen noch rechtfertigt. Dagegen erscheint die erste Variante als einfach und zweckentsprechend. Die Prioritaeten koennen sich z.B. nach der funktionellen Bedeutung der einzelnen Schiffsmaschinenanlagen fuer den Schiffsbetrieb richten. Im Ergebnis einer Untersuchung waeren somit Prioritaetslisten zu erstellen, die entweder
- fuer alle Schiffsmaschinenanlagen gemeinsam oder
- fuer jede Schiffsmaschinenanlage mit angebundenen Systemen gueltig sind. Aus den Aufstellungen ginge hervor, welches System vorrangig unter Negation der Verflechtungen mit den anderen Systemen optimiert werden kann und welches "unterge-

ordnete" System Optimierungsergebnisse hinnehmen muss. Die entsprechenden Anlagenelemente sind dann bei einer Optimierung auszuschliessen.
Neben der Aufstellung von Prioritaetenlisten nach de funktionellen Bedeutung der einzelnen Systeme koennten derartige Listen auch nach anderen Gesichtspunkten erarbeitet werden, wie z.B. konstruktiven, technologischen oder oekonomischen. Eine Entscheidung hierueber sollte nach dem zu erwartenden funktionellen, konstruktiven, technologischen oder oekonomischen Nutzen erfolgen.

6. Vorschlaege und Hinweise fuer die Realisierung des Beratungssystems

Anhand ausgewaehlter Beispiele werden nachfolgend Vorschlaege fuer die Gestaltung der einzelnen Komponenten des Beratungssystems unterbreitet bzw. Hinweise zu deren Entwicklung gegeben. Ihnen liegt das im Abschnitt 2. entworfene Modell mit gemeinsamer Wissensbasis und Benutzerschnittstelle (Abb. 2/4) zugrunde, da es in universeller Weise auch die anderen beiden Modelle (Abb. 2/2 und 2/3) vertritt.

6.1. Entwurf einer gemeinsamen Wissensbasis

Die gemeinsame Wissensbasis des Beratungssystems soll das fuer den Entwicklungsingenieur bedeutsame Wissen ueber eine ausgewaehlte Schiffsmaschinenanlage verwalten. Sie wird daher
- eine Auswahl der diese Anlage betreffenden Fakten zur Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie sowie
- alle diese Fakten in Zusammenhang setzenden Regeln

enthalten.
Folgende Komplexe zum Wissen ueber eine Schiffsmaschinenanlage und deren Elemente wurden im Abschnitt 5. eingehender betrachtet:

1) Funktion:

1.1) Leistungsparameter:

1.1.1) - Pumpenfoerder- und Separierleistung
1.1.2) - Pumpenfoerderdruecke
1.1.3) - Heizleistung der Waermetauscher
1.1.4) - Energiebedarf

1.2) Betriebsbedingungen:

1.2.1) - Funktionsweise
1.2.2) - Inbetriebnahme, Steuerung, Kontrolle und Ausserbetriebnahme
1.2.3) - Wartungs- und Instandhaltungshinweise
1.2.4) - arbeitshygienische Bedingungen
1.2.5) - Arbeits- und Brandschutz
1.2.6) - Havariesicherheit
1.2.7) - Zuverlaessigkeit

2) Konstruktion:

2.1) Dimensionierung:

2.1.1) - Hauptabmessungen
2.1.2) - Massen

2.2) Gestaltung:

2.2.1) - Anordnung der Baugruppen und -elemente (Aufbau)
2.2.2) - Formgebung
2.2.3) - Ergonomie
2.2.4) - Farbgestaltung

3) Technologie:

3.1) Fertigungsaufwand:

3.1.1) - zusaetzlich zu fertigende Bauelemente
3.1.2) - fertigungsgerechte Konstruktion dieser Elemente
3.1.3) - Fertigungsverfahren und -moeglichkeiten

3.2) Vorbereitungsaufwand:

3.2.1) - Konservierung und Entkonservierung
3.2.2) - Verpacken und Auspacken
3.2.3) - Befestigen und Entfernen von Sicherungselementen

3.3) Transport- und Lageraufwand:

3.3.1) - Dimensionierung der Transportobjekte
3.3.2) - Qualitaetsanforderungen an den Transport
3.3.3) - Transportwege
3.3.4) - Transportmittel

3.4) Montageaufwand:

3.4.1) - Anzahl und Vielfalt der Bauelemente
3.4.2) - konstruktiv bedingte Montagereihenfolge
3.4.3) - Montageverfahren und -mittel
3.4.4) - raeumliche und zeitliche Montagebedingungen

3.5) Erprobungsaufwand:

3.5.1) - Funktionstest der Anlage und ihrer Elemente
3.5.2) - Leistungsnachweis der Anlage bzw. ihrer Elemente
3.5.3) - Simulation von Betriebssituationen

3.6) Wartungs- und Instandhaltungsaufwand:

3.6.1) - Pflege- und Reinigungsarbeiten
3.6.2) - Befundungen
3.6.3) - praeventive Instandhaltungsmassnahmen
3.6.4) - Reparaturvorschriften bzw. -hinweise

4) Oekonomie:

4.1) Effektivitaet im Schiffsmaschinenbetrieb:

4.1.1) - Grundfondseffektivitaet
4.1.2) - Arbeitsproduktivitaet

4.2) Effektivitaet im Bau der Schiffsmaschinenanlage:

4.2.1) - Vorbereitungskosten
4.2.2) - Durchfuehrungskosten

Schon hieraus ist, auch wenn diese Aufstellung nur einen Teil des objektbezogenen Fachwissens eines Entwicklungsingenieurs widerspiegelt, eine allgemeine Struktur der Wissensbasis ableitbar, da sich die Oberbegriffe der angefuehrten Wissenskomplexe fuer den Aufbau einer Rahmenstruktur (Frame) geradezu anbieten. Um das eine Schiffsmaschinenanlage und deren Elemente betreffende Wissen auch nach gleichen Gesichtspunkten zu verwalten, werden zwei miteinander korrespondierende Frames "ANLAGEN" und "ELEMENTE" gebildet (siehe Anlagen 2/1 und 2/2). Beide Frames tragen universellen Charaker, da sie die systematische Einordnung des Wissens aller Schiffsmaschinenanlagen und deren Elemente ermoeglichen.

Alleine mit dieser Rahmenstruktur laesst sich das gesamte Wissen jedoch nicht verwalten. Aus Abschnitt 5. ist auch er-

sichtlich, dass bestimmte Fakten bzw. Daten vorzugsweise relational abzulegen sind, andere dagegen hierarchisch. Eine relationale Systematisierung erscheint angebracht, wenn alle funktionellen, konstruktiven, technologischen und oekonomischen Parameter von Maschinen und Apparaten, insbesondere bei Baureihen, abgespeichert werden sollen:

Beispiel 6-1: Relationale Strukturierung fuer ausgewaehlte Fakten zu einer Schiffsmaschinenanlage (Technische Daten einer Vorwaermerbaureihe nach /22/)

a) Festgelegte Struktur (nach /128/-/130/, /132/)

Inhalt	Feldname	Feld-groesse	Feldtyp
Typenbezeichnung	A	15	C
Nennlaenge [mm]	B	4	N
Uebertragungsflaeche [m²]	C	4,1	N
Inhalt Rohrraum [l]	D	3	N
Inhalt Mantelraum [l]	E	3	N
Betriebsdruck Rohrraum [MPa]	F	3,1	N
Betriebsdruck Mantelraum [MPa]	G	3,1	N
Pruefdruck Rohrraum [MPa]	H	3,1	N
Pruefdruck Mantelraum [MPa]	I	3,1	N
Betriebstemperatur Rohrraum [°C]	J	3	N
Betriebstemperatur Mantelraum [°C]	K	3	N
Betriebsmedium Rohrraum	L	14	C
Betriebsmedium Mantelraum	M	14	C

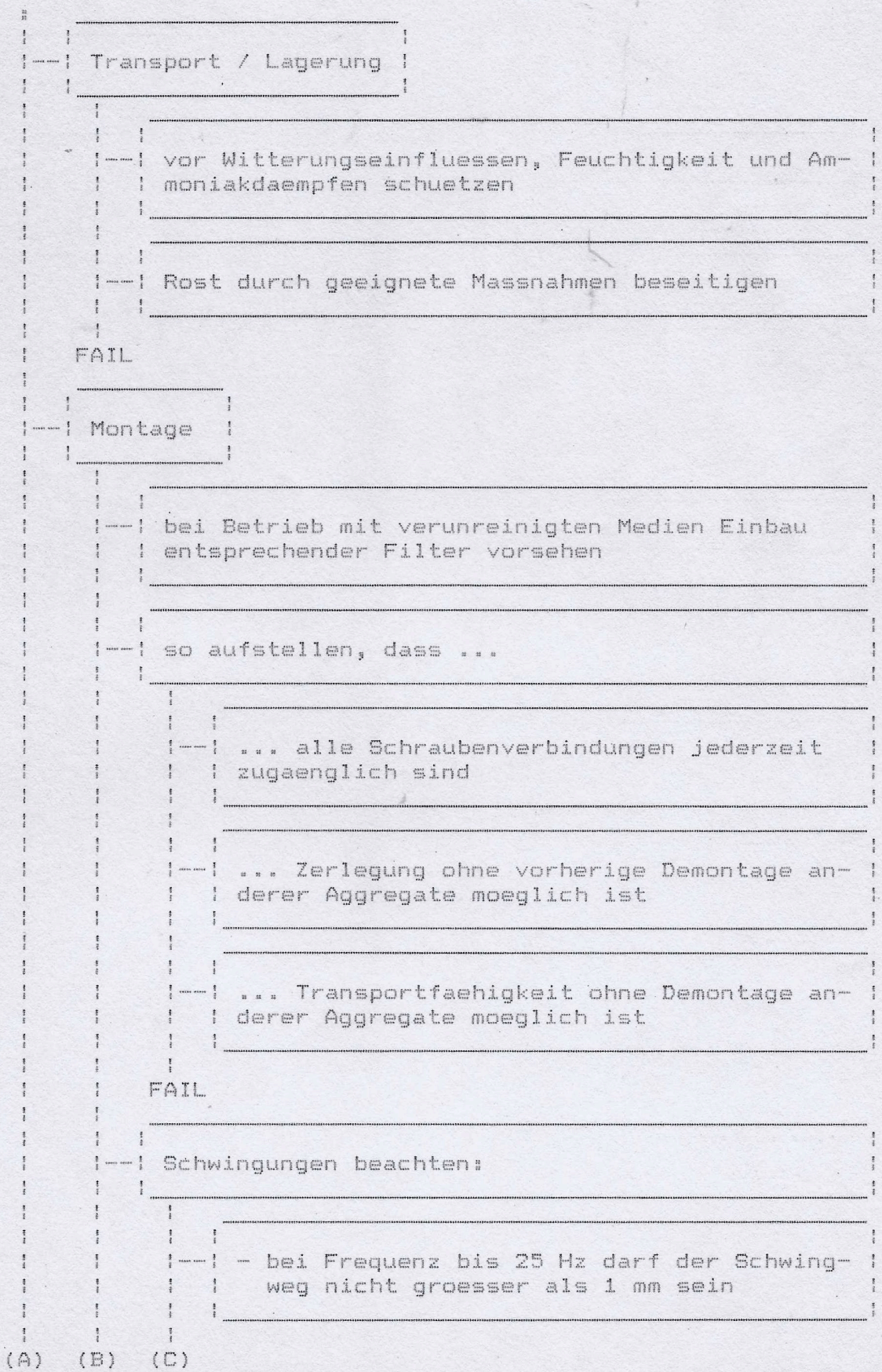
b) Daten (nach /22/)

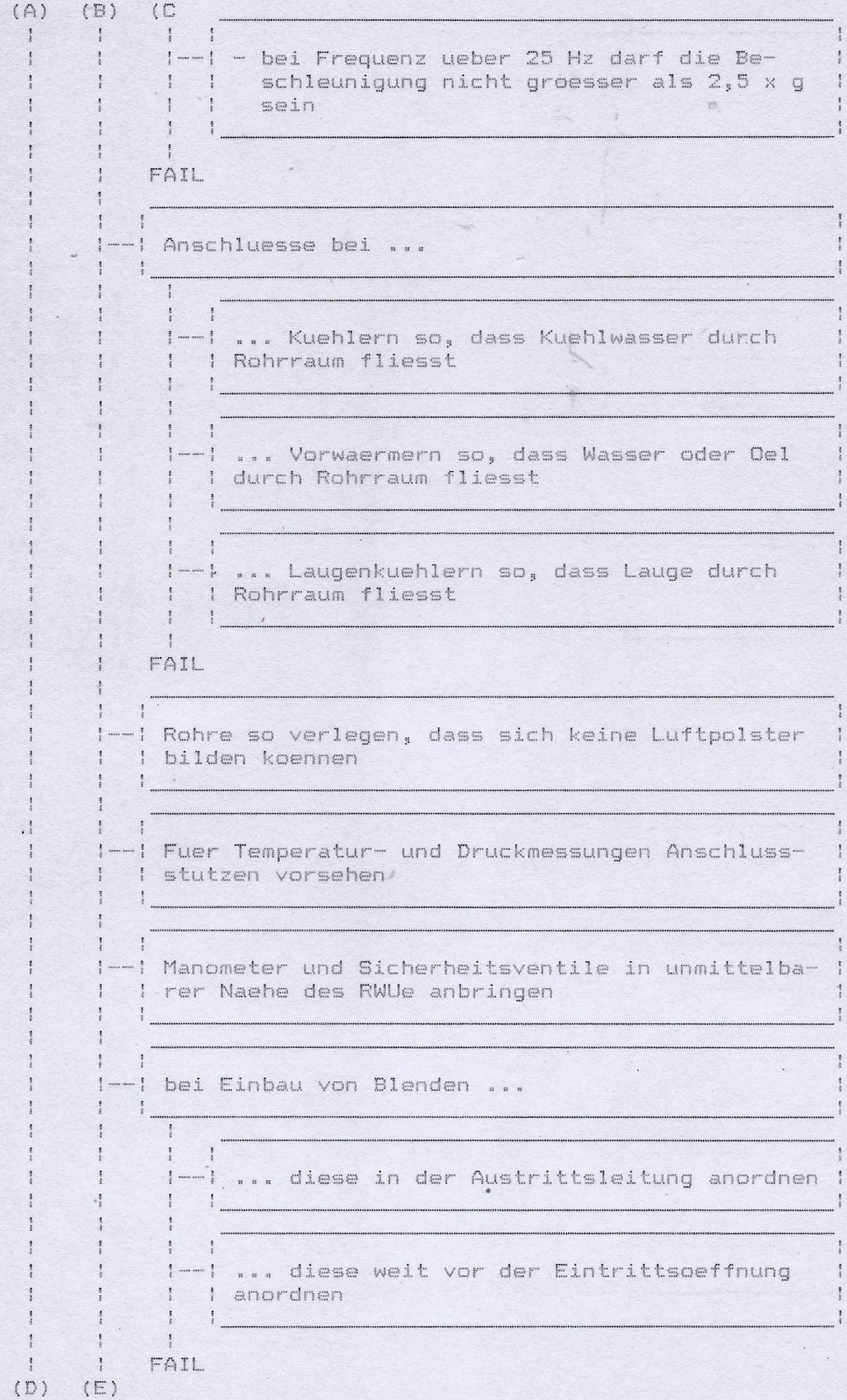
Record Nr.	Felder							
	A	B	C	D	E	F	G	H
00001		1000	4,2	33	67	1,0	1,0	1,5
00002		1500	6,3	40	83	1,0	1,0	1,5
00003		2000	8,4	47	112	1,0	1,0	1,5
00004		2500	10,6	54	141	1,0	1,0	1,5

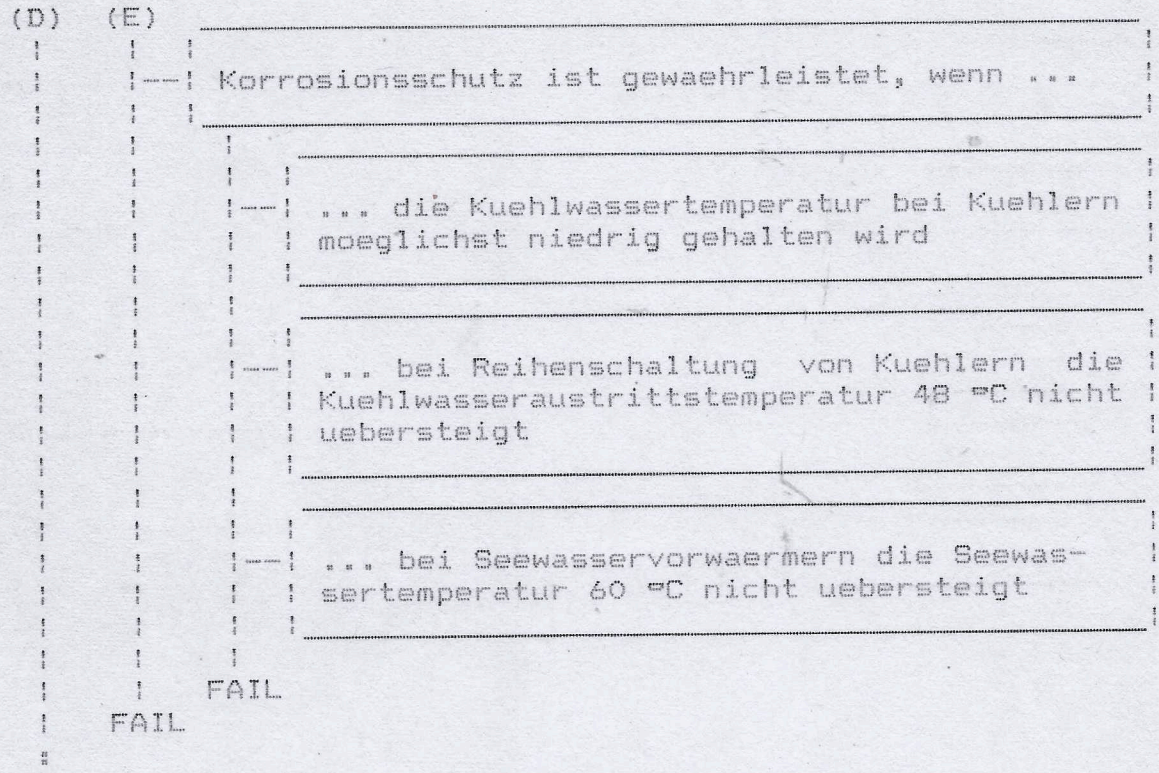
Record Nr.	Felder				
	I	J	K	L	M
00001	1,5	115	183	Wasser / Oel	Dampf
00002	1,5	115	183	Wasser / Oel	Dampf
00003	1,5	115	183	Wasser / Oel	Dampf
00004	1,5	115	183	Wasser / Oel	Dampf

Fuer die Zuordnung von miteinander in Beziehung stehenden Fakten zu ausgewaehlten Gesichtspunkten ist die hierarchische Datenverwaltung vorzuziehen:

Beispiel 6-2: Hierarchische Strukturierung fuer ausgewaehlte Fakten zu einer Schiffsmaschinenanlage (Montagehinweise fuer eine Vorwaermerbaureihe nach /22/)

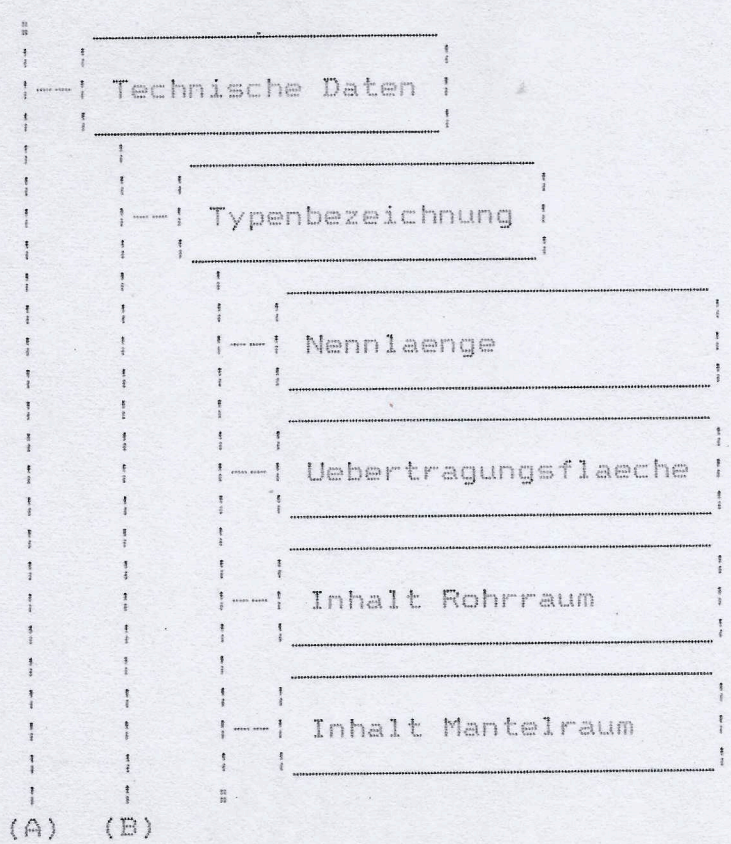


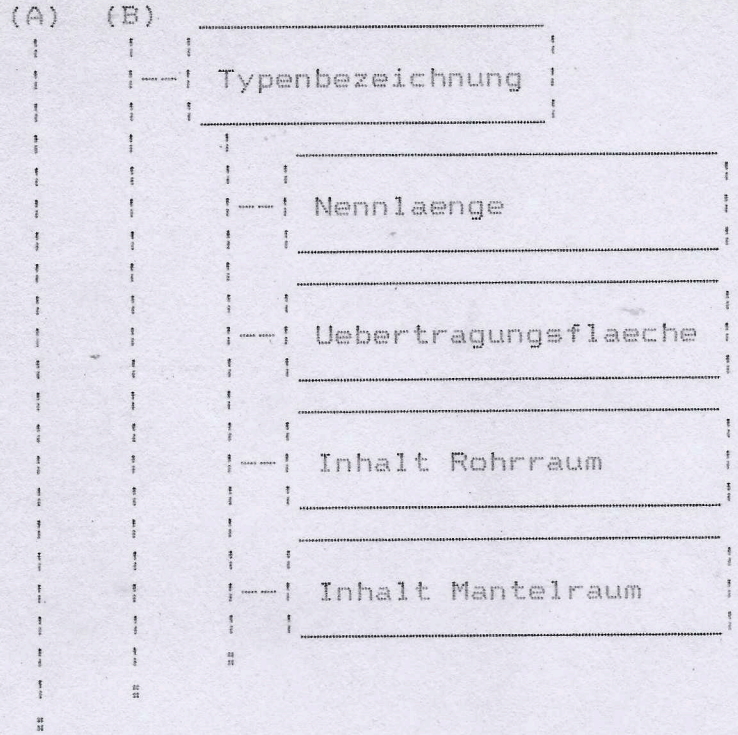

(A)
(B)
(C
- bei Frequenz ueber 25 Hz darf die Beschleunigung nicht groesser als 2,5 x g sein
FAIL
Anschluesse bei ...
... Kuehlern so, dass Kuehlwasser durch Rohrraum fliesst
... Vorwaermern so, dass Wasser oder Oel durch Rohrraum fliesst
... Laugenkuehlern so, dass Lauge durch Rohrraum fliesst
FAIL
Rohre so verlegen, dass sich keine Luftpolster bilden koennen
Fuer Temperatur- und Druckmessungen Anschlussstutzen vorsehen
Manometer und Sicherheitsventile in unmittelbarer Naehe des RWUe anbringen
bei Einbau von Blenden ...
... diese in der Austrittsleitung anordnen
... diese weit vor der Eintrittsoeffnung anordnen
FAIL
(D)
(E)



Es muss demzufolge eine diesen beiden Anforderungen entsprechende Strukturs̈ynthese gesichert werden. Die im Abschnitt 3.2. vorgestellten Programmiersysteme PROLOG und LISP unterstuetzen die Einrichtung einer derart aufgebauten Wissensbasis durch die Moeglichkeit, gleichartige Listen in die hierarchische Struktur einzubinden (Abb. 6/1).

Abb. 6/1: Synthese von hierarchischer und relationaler Struktur durch Einbindung gleichartiger Listen





Eine Einbindung der im Beispiel 6-2 und in Abb. 6/1 dargestellten gerichteten Graphen in die Frames "ANLAGEN" und "ELEMENTE" bietet sich gerade fuer die systematische Verwaltung von Informationen an, die Typenbaureihen von Maschinen, Apparaten o.ae. betreffen. Derartige, zumeist der technischen Dokumentation entnehmbare Informationen sind
- Fakten, wie z.B. Baubeschreibungen,
- Daten, insbesondere technische Parameter,
- Regeln, wie Bedienungs- und Wartungshinweise, sowie
- Algorithmen in Form von Berechnungsvorschriften.

Fakten und Daten bzw. Regeln und Algorithmen, zu denen mehrfache Beziehungen bestehen, sollten vorzugsweise einmalig und in semantischen Netzen verwaltet werden. Praktische Beispiele stellen die im Abschnitt 5.5. erlaeuterten funktionellen und konstruktiven Beziehungen zwischen verschiedenen Schiffsmaschinenanlagen ueber einige ihrer Elemente (Tab. 5'4) oder allgemeingueltige Berechnungsvorschriften (Gesamtenergiebedarf, -stellflaeche, -masse einer Schiffsmaschinenanlage) dar. Diese als Attribute ausgefuehrten Fakten, Daten, Regeln und Algorithmen lassen sich ueber die ihnen zugeordneten Praedikate identifizieren. An anderer Stelle sind die Praedikate als Attribute eingebunden und fungieren dort als sogenannte Zeiger (Abb. 6/2). Bei auf diese Weise zentral abgespeicherten Regeln oder Algorithmen ist es allerdings auch denkbar, dass einige ihrer Attribute als Zeiger auf in der Wissensbasis mehrfach verwaltete Praedikate verweisen. Zumeist werden somit bei der Abarbeitung der Regeln bzw. Algorithmen Fakten und Daten abgezogen (Abb. 6/3).

Abb. 6/2: Prinzip der einmaligen Verwaltung von Fakten, Daten, Regeln und Algorithmen, zu denen mehrfache Beziehungen bestehen

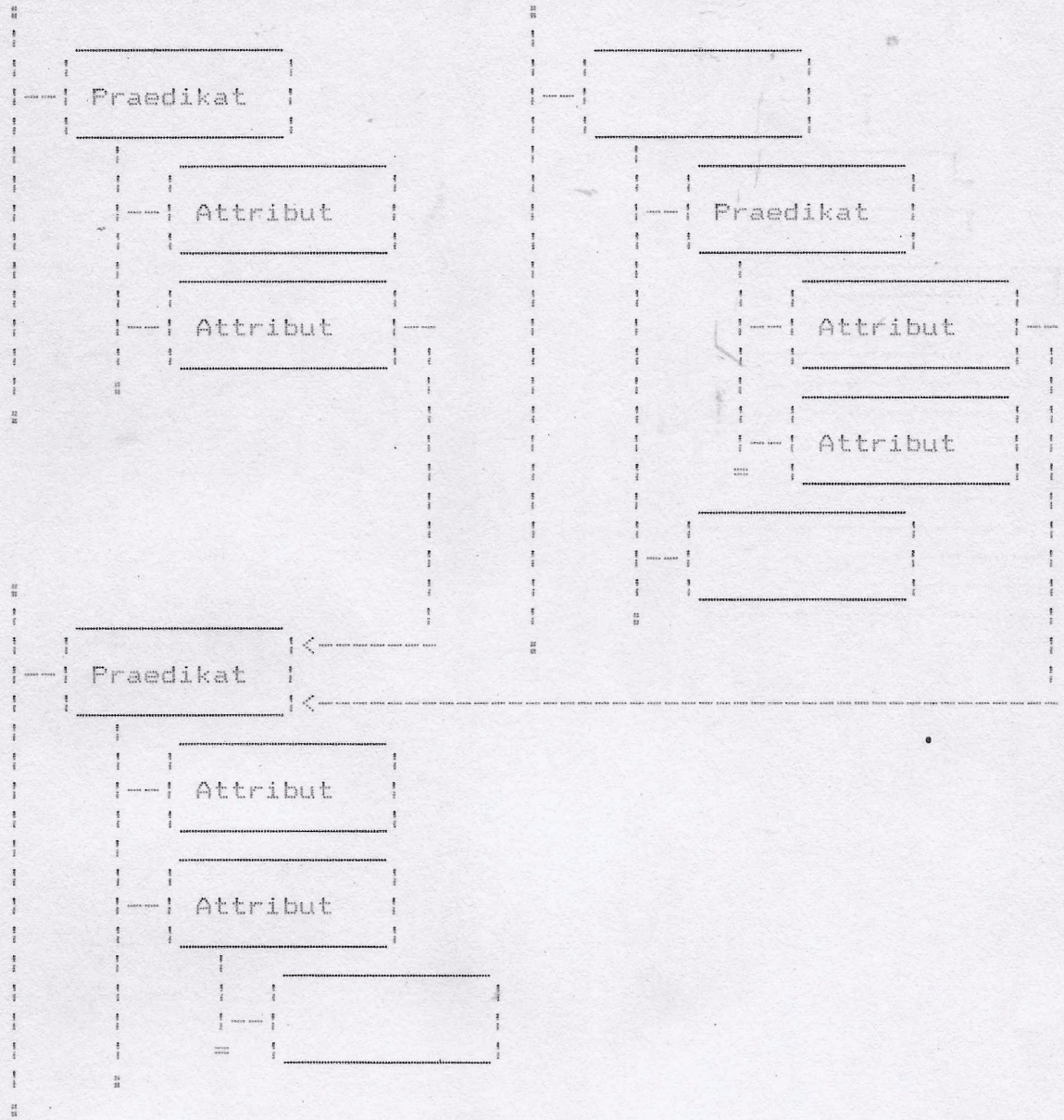
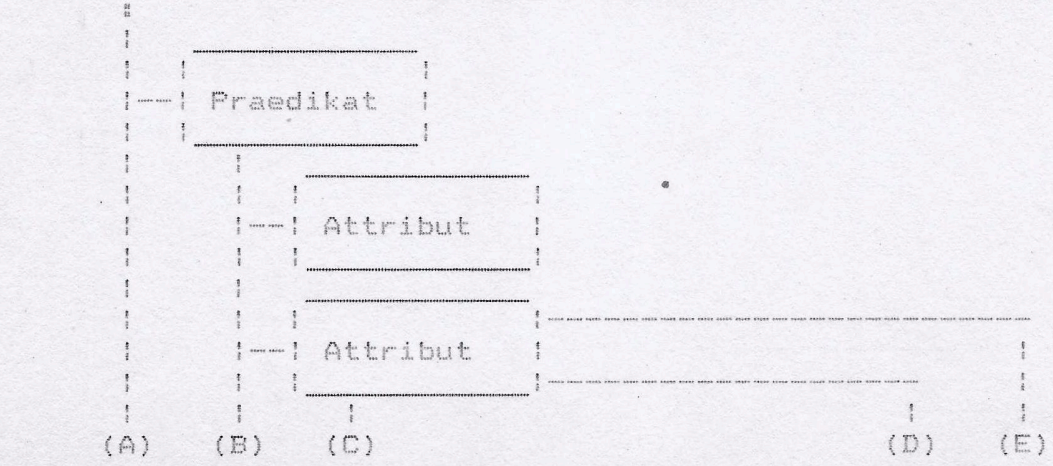
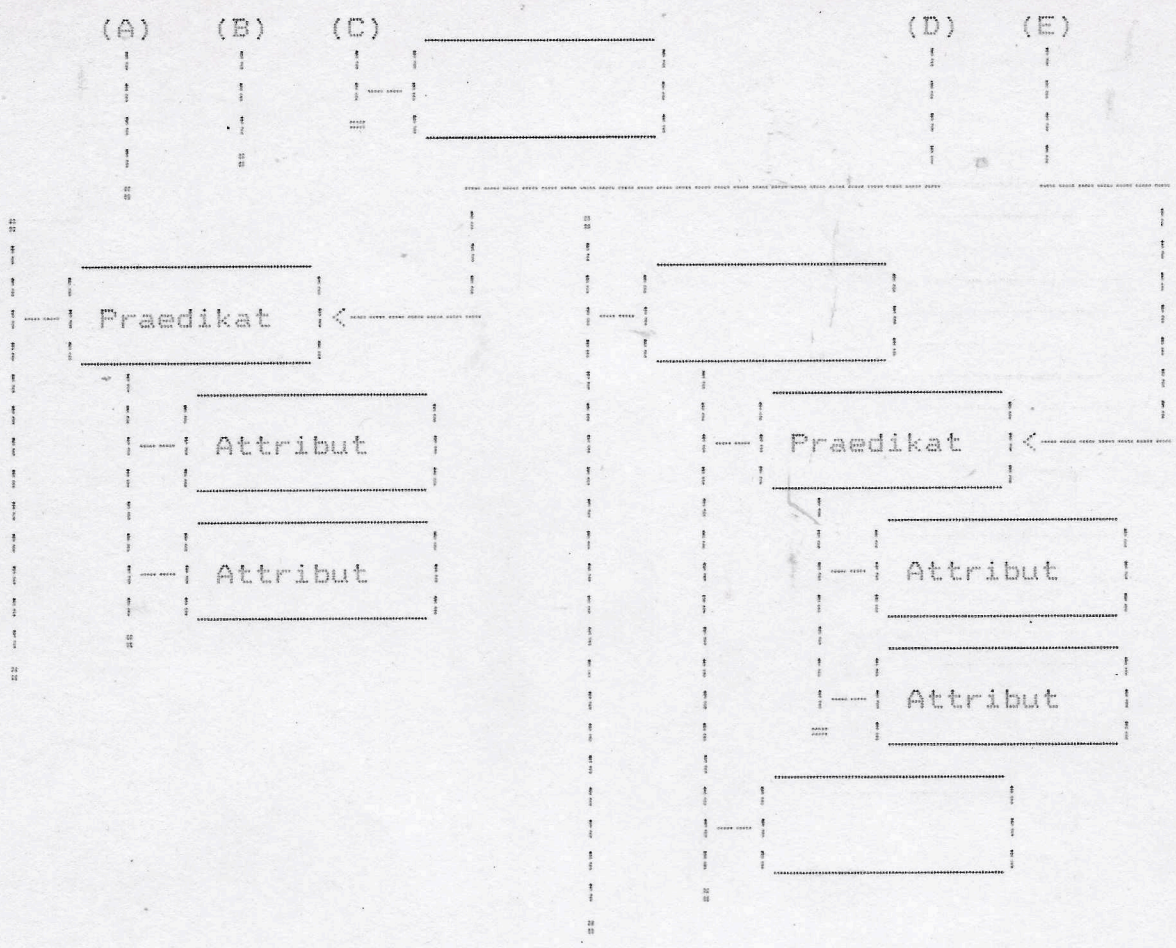


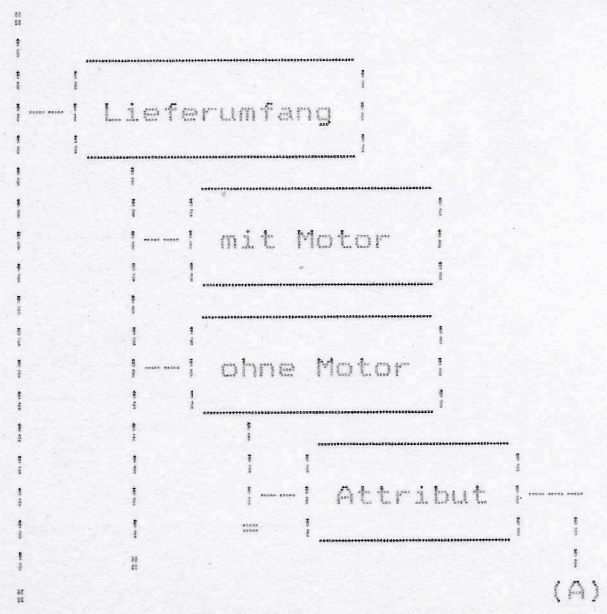
Abb. 6/3: Prinzip der mehrfachen Beziehungen von einmalig verwalteten Fakten, Daten, Regeln und Algorithmen

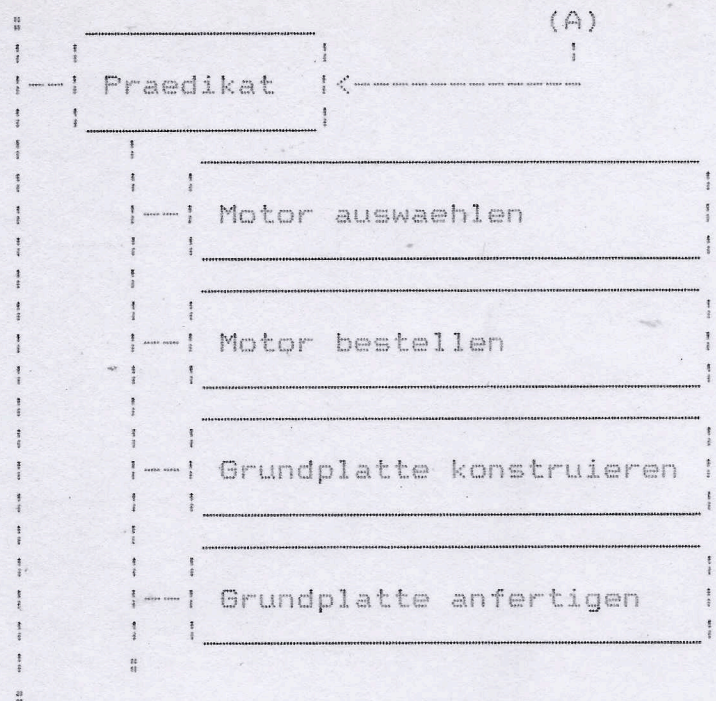




Ueber die Zeigerfunktionen ausgewaehlter Attribute ist es auch moeglich, in der Wissensbasis Regeln zu implementieren, die unter bestimmten Bedingungen wirksam werden. Diese Bedingungen gibt der Nutzer des Beratungssystems in Form von Fakten und Daten vor. Sowohl die Attribute, die die Bezuege zu anderen Praedikaten herstellen, als auch die Praedikate selbst koennen in der Wissensbasis mehrfach und an den verschiedensten Stellen untergebracht sein, so dass wiederum ein semantisches Netz aufgebaut wird (Beispiel 6-3).

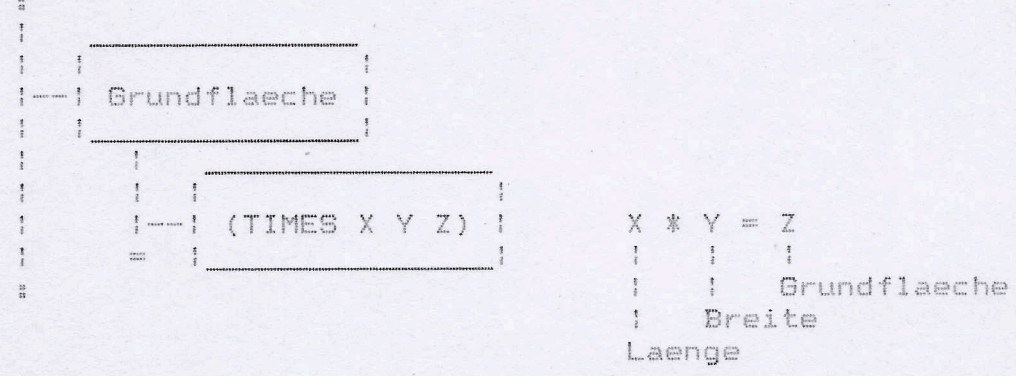
Beispiel 6-3: Implementation von Regeln unter Nutzung der Zeigerfunktion ausgewaehlter Attribute





Algorithmen fuer Datenmanipulationen, wie z.B. Berechnungen, muessen durch den Systementwickler unter Beruecksichtigung der Syntax, die vom zur Anwendung gelangenden Programmiersystem vorgegeben wird, sowie unter Nutzung der zur Verfuegung stehenden Systempraedikate zusammengestellt werden. Bei PROLOG und LISP ist mit einem erhoehten Programmieraufwand fuer derartige Prozeduren bzw. Module zu rechnen, da diesen Sprachen eine andere Philosophie zugrunde liegt als Turbo-PASCAL, MODULA-2 usw.; detaillierte Hinweise sind den auch im Quellenverzeichnis aufgefuehrten Systembeschreibungen zu entnehmen. Prinzipiell steht einer entsprechenden Entwicklung jedoch nichts entgegen.
Die Algorithmen verkoerpern letztlich eine einer bestimmten Ordnung unterliegenden Sammlung von Attributen, die einem identifizierbaren Praedikat zugeordnet sind. Einige dieser Attribute sind selbst Systempraedikate, andere fungieren als Zeiger zur Datengewinnung. Die Einbindung der Algorithmen in die Wissensbasis und ihre Beziehungen entsprechen den Abb. 6/2 und 6/3.

Beispiel 6-4: Algorithmus zur Berechnung der Grundflaeche
(vereinfacht nach /156/, /205/)



6.2. Vorschlaege zur Realisierung des Inferenz- und des Analysemechanismus

Beide Systemkomponenten sind fuer die Bearbeitung der vom Nutzer vorgegebenen Problemstellungen zustaendig. Prinzipiell ist es moeglich, diese Problemloesungskomponenten so unter einem gemeinsamen Programmiersystem zu entwickeln, dass sie die bereits in den Abschnitten 3. und 4. dargestellten Leistungen erbringen koennen. Es muss allerdings mit einem hohen Entwicklungsaufwand fuer die Prozeduren bzw. Module gerechnet werden, fuer die das zur Anwendung gelangende Programmiersystem weniger geeignet ist (siehe auch Abschnitt 2.). Aus diesem Grunde sind vorzugsweise die von fast allen modernen Systemen angebotenen Moeglichkeiten zur Integration anderer Programme, wie z.B. durch
- das Aufrufen dieser Programme (RUN),
- das Einbinden (Linken) oder
- die Organisation des Zugriffs auf gemeinsame Dateien

zu nutzen. Als Programmiersysteme fuer die 8-bit- und insbesondere die 16- und 32-bit-Rechentechnik stehen in den kommenden Jahren die unter /11/ genannten zur Verfuegung, wobei noch Weiterentwicklungen sowie Ergaenzungen erwartet werden koennen.
Nachfolgend sollen einige Vorschlaege fuer die Realisierung des Inferenz- und des Analysemechanismus unterbreitet werden.

6.2.1. Aufgaben und Arbeitsweise des Inferenzmechanismus

Der Inferenzmechanismus soll zwei Aufgaben erfuellen:

1) Gezielte Bereitstellung von in der Wissensbasis abgespeicherten Fakten, Daten, Regeln und Algorithmen

2) Entwicklung von Schlussfolgerungen bzw. Loesungsvorschlaegen in Ableitung angegebener Fakten und Daten

Die gewuenschten Fakten und Daten sowie gegebenenfalls auch Regeln und Algorithmen werden im Dialog mit dem Nutzer zusammengetragen. Dazu bietet das Beratungssystem, das bei der Suche in der Wissensbasis auf einen Knoten gestossen ist, im Menue die in der naechsten Ebene zugeordneten Knoten als Alternativen an. Nachdem der Nutzer eine Auswahl getroffen hat, setzt der Inferenzmechanismus seine Ermittlungen in gleicher Weise fort, bis die interessierenden Informationen vorliegen. Beispiel 6-5 demonstriert einen solchen Dialog zwischen Nutzer und Beratungssystem, der sich bei der Suche in einer Wissensbasis gemaess Anlage 2 ergeben wuerde.

Beispiel 6-5: Dialoggefuehrte Ermittlung von Fakten in der Wissensbasis eines Beratungssystems

Legende: BS = Beratungssystem
N = Nutzer
D = Drucken (siehe 6.3.2.)
A = Abbruch (siehe 6.3.2.)

```
001  BS: "Schiffsmaschinenanlagen
          ____________________________
          Waehlen Sie aus:

          (1) Schmieroelsysteme
          (2) Druckluftsysteme
          (3) Lenz- und Ballastsysteme
          (4) Kraftstoffsysteme
          (5) Hydrauliksysteme
          ( ) ..."

002  N : "4"

003  BS: "Kraftstoffsysteme
          ____________________
          Waehlen Sie aus:

          (1) Kraftstoffbunkerung
          (2) Kraftstoffaufbereitung"

004  N : "2"

005  BS: "Kraftstoffaufbereitung
          ___________________________
          Waehlen Sie aus:

          (1) Gasoel
          (2) MDF
          (3) Schweroel
          (4) Mischoel
          ( ) ..."

006  N : "3"

007  BS: "Kraftstoffaufbereitung Schweroel
          ____________________________________
          Waehlen Sie aus:

          (1) Funktion
          (2) Konstruktion
          (3) Technologie
          (4) Oekonomie"

008  N : "2"

009  BS: "Kraftstoffaufbereitung Schweroel - Konstruktion
          ____________________________________________
          Waehlen Sie aus:

          (1) Dimensionierung
          (2) Gestaltung"

010  N : "2"

011  BS: "Kraftstoffaufbereitung Schweroel - Gestaltung
          ___________________________________________
          Waehlen Sie aus:

          (1) Aufbau
          (2) Formgebung
          (3) Ergonomie
```

```
          (4) Farbgestaltung
          ( ) ..."

O12  N : "1"

O13  BS: "Kraftstoffaufbereitung Schweroel - Aufbau
          ___________________________________________

          Waehlen Sie aus:

          (1)  Kraftstoffbunker
          (2)  Kraftstoffoerderpumpen
          (3)  Kraftstoffsetztank
          (4)  Waermetauscher
          (5)  Separatoren
          (6)  Kraftstofftagestank
          (7)  Kraftstoffruecklaufbehaelter
          (8)  Kraftstoffzubringerpumpen
          (9)  Waermetauscher
          (10) Kraftstoffilterautomat
          (11) Viskositaetsregler
          (12) Kraftstoffeinspritzpumpe (Motor)"

O14  N : "D A"
```

Im vorliegenden Beispiel waere es denkbar, dass der Nutzer noch Informationen zu einzelnen Elementen der Kraftstoffaufbereitungsanlage fuer Schweroel benoetigt. Da der Inferenzmechanismus bisher auf die unter dem Frame "ANLAGEN" (siehe Anlage 2/1) abgelegten Fakten zugegriffen hat, muesste in einem solchen Fall zum Frame "ELEMENTE" (Anlage 2/2) uebergegangen werden. Dieser Sprung ist moeglich, weil das dem Praedikat "Aufbau" (unter "Kraftstoffaufbereitung Schweroel") zugeordnete Attribut als Zeiger auf ein im Frame "ELEMENTE" verwaltetes Praedikat verweist (siehe Abb. 6/2).

Die Entwicklung von Schlussfolgerungen bzw. Loesungsvorschlaegen vollzieht sich in aehnlicher Weise wie bei der gezielten Bereitstellung von Fakten, Daten, Regeln oder Algorithmen. Nachdem im Dialog mit dem Nutzer bis in die Ebene der Wissensbasis vorgedrungen wurde, in der die das bestehende Problem beschreibenden Informationen vorliegen, bietet das Beratungssystem wieder Alternativen an, denen jedoch bestimmte Regeln bzw. Algorithmen zugeordnet sind. Der Inferenzmechanismus befindet sich jetzt in einem Status, in dem er fuer die Entwicklung von Schlussfolgerungen oder Loesungsvorschlaegen staendig weitere Hinweise, Anhaltspunkte o.ae. benoetigt. Diese werden durch Fakten und Daten verkoerpert. Da nun aber der Inferenzmechanismus nicht in der Lage ist, Fakten und Daten zu interpretieren, die mit den in der Wissensbasis verwalteten nicht auch orthographisch (und insbesondere semantisch) identisch sind, muss eine Nutzerfuehrung organisiert werden. Es ergeben sich hiermit zugleich mehrere Effekte:

- der Entwicklungsingenieur wird bei der Nutzung des Beratungssystems gefuehrt, wobei saemtliche die Problemstellung beschreibenden bekannten Fakten und Daten Beruecksichtigung finden
- Fakten und Daten, ferner auch Regeln und Algorithmen, die nicht in der Wissensbasis abgespeichert sind, lassen sich als systemfremd identifizieren und gegebenenfalls abweisen
- als systemfremd erkannte Fakten, Daten, Regeln oder Algo-

rithmen koennen bei Bedarf automatisch in die Wissensbasis aufgenommen werden.

Der Nutzerfuehrung liegen die Fakten und Daten zugrunde, die den Regeln bzw. Algorithmen uebergeordnet sind. Mit der Auswahl der die Problemstellung beschreibenden Fakten und Daten steht zugleich fest, welche Regeln oder Algorithmen abzuarbeiten sind. Stoesst der Inferenzmechanismus dabei auf mehrere Regeln, werden diese nacheinander gemaess den systemresidenten Strategien (siehe 3.2.2.) umgesetzt. Ein Kellerspeicher verwaltet dann voruebergehend die angefallenen Zwischenergebnisse. Auch sie koennen noch auf weitere Regeln verweisen oder bereits Schlussfolgerungen bzw. Loesungsvorschlaege beinhalten. Das einfache Beispiel 6-6 verdeutlicht die Arbeitsweise des Inferenzmechanismus bei der Entwicklung von Schlussfolgerungen und Loesungsvorschlaegen.

Beispiel 6-6: Einfaches Beispiel fuer die Arbeitsweise des Inferenzmechanismus beim Schlussfolgern

Bei der Konsultation des Beratungssystems konnte durch den Nutzer festgestellt werden, dass eine bestimmte Pumpe einer Baureihe keine Grundplatte aufweist. Hierfuer bestehen mehrere Gruende, wie

- es handelt sich um eine Vertikalpumpe mit Staender
- die Pumpe ist derart gross, dass die Funktion einer Grundplatte von einem Fundament uebernommen werden muss
- die Pumpe wird durch den Hersteller ohne Motor angeliefert, da dieser vom Besteller auszuwaehlen ist

In der Wissensbasis sind auch entsprechende Regeln abgespeichert worden:

Regeln:
- WENN "Pumpe steht", DANN "Pumpe ohne Grundplatte"
- WENN "Pumpe sehr gross", DANN "Pumpe ohne Grundplatte"
- WENN "Pumpe ohne Motor", DANN "Pumpe ohne Grundplatte"

Das Beratungssystem wird den Nutzer fragen, welche der drei Gruende fuer das Fehlen der Grundplatte zutreffen. Dazu bietet es folgende Fakten als Alternativen an:

Fakt:
- "Pumpe steht"
- "Pumpe sehr gross"
- "Pumpe ohne Motor"

Nach einer entsprechenden Auswahl ist es moeglich, die diesen Fakten zugeordneten naechsten Regeln abzuarbeiten. Da sich bereits aus dem Fehlen einer Grundplatte praktische Folgen ergeben koennen, wie z.B. deren unumgaengliche Anfertigung, verlautete bereits an anderer Stelle die Regel:

Regel:
- WENN "Pumpe ohne Grundplatte", DANN "Grundplatte anfertigen"

Alleine die Schlussfolgerung, dass eine Grundplatte angefertigt werden muss, wenn eine Pumpe keine hat, ist jedoch nicht immer richtig, denn eine Vertikalpumpe benoetigt z.B. keine Grundplatte. Durch eine weitere Regel wird dieser falschen Schlussfolgerung vorgebeugt:

Regel: - WENN "Pumpe steht", DANN "Grundplatte nicht anfertigen"

Im Schlussfolgerungsmechanismus bleibt somit die Anfertigung nur fuer grosse Pumpen mit oder ohne Motor offen. Grosse und kleine Vertikalpumpen mit oder ohne Motor sind ausgeschlossen.
Hat der Inferenzmechanismus des Beratungssystems auf diese Weise alleine klaeren koennen, dass sich sein Nutzer fuer Pumpen interessiert, fuer die eine Grundplatte angefertigt werden muss, stoesst er in der Wissensbasis auf weitere Regeln, wie z.B.:

Regeln: - WENN "Grundplatte anfertigen", DANN "Grundplatte konstruieren"

- WENN "Grundplatte konstruieren", DANN "Material bestellen"

- WENN "Material bestellen", DANN "letzten Bestelltermin beachten"

- WENN "letzten Bestelltermin beachten", DANN "...fuer Walzstahl bis ..."

- WENN "letzten Bestelltermin beachten", DANN "...fuer maschinenbauliche Erzeugnisse bis ..."

- WENN "letzten Bestelltermin beachten", DANN "...fuer elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse bis ..."

Auch hier wird wieder wie in der o.a. Weise geschlussfolgert.

Dieses einfache Beispiel in der regelorientierten Wissensdarstellung (siehe Abschnitt 3.2.1.) demonstriert noch einmal die Zeigerfunktionen ausgewaehlter Attribute, welche auf vorhandene gleichnamige Praedikate verweisen. Als Praedikate wirken die WENN-Bedingungen und als Attribute die DANN-Aktionen. Der Systemnutzer entscheidet, welcher Pfad durch den Inferenzmechanismus weiter zu beschreiten ist, wenn mehrere Attribute zum aktuellen Praedikat ermittelt wurden.

6.2.2. Kennziffernzuordnung fuer komplexe und komplizierte Schiffsmaschinenanlagen

Beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen, insbesondere mehreren Varianten, kann es von Interesse sein, fertiggestellte Projekte einer qualitativen und quantitativen Bewertung zu unterziehen. Fuer die Einschaetzung des Gebrauchswertes solcher Anlagen bietet sich u.a. die Zuordnung der Kennziffern "Komplexitaet" und "Kompliziertheit" nach /144/ an. Gemaess /213/ bedeuten
- komplex = zusammengesetzt, zusammengefasst, umfassend
- kompliziert = verwickelt, erschwert.

In /144/ ist diese Begriffsbestimmung fuer die Bewertung von Schiffsmaschinenanlagen spezifiziert worden. Hiernach gilt:

U - Anzahl der unterschiedlichen Elemente einer SMA
U_{ges} - Summe der Einzelwertigkeiten (W) aller Elemente der SMA
K_{i} - Anzahl der internen Kopplungen der Elemente der SMA
K_{a} - Anzahl der externen Kopplungen der Elemente der SMA
n^2-n - Anzahl der theoretisch moeglichen Kopplungen aller Elemente der SMA

Der Autor bezeichnet die Verhaeltnisse von $K_{i} : n$ als Komplexitaet und $U_{ges} : n$ als Kompliziertheit einer Schiffsmaschinenanlage. Soll nunmehr eine konkrete Schiffsmaschinenanlage bewertet werden, muessen die Groessen n, U, $U_{ges} = U * W$, K_{i}, K_{a}, und n^2-n bekannt sein. Steht kein CAD-System zur Verfuegung, das eine automatische Registratur der im Projekt vorgesehenen Anlagenelemente (einschliesslich deren Kopplungen) vornimmt, z.B. durch das Auflisten, Sortieren, Summieren u.ae., muss diese Taetigkeit vom Entwicklungsingenieur noch manuell vorgenommen werden.
In Anlehnung an /144/ seien noch folgende Annahmen vorangestellt:

1. Armaturen und Messgeraete finden bei der Betrachtung keine Beruecksichtigung.

2. Bypassleitungen sowie Rueckkopplungen an bzw. um ein und dasselbe Element der SMA werden vernachlaessigt.

3. Die konstruktive Anordnung der Kopplungsstellen an den einzelnen Elementen der SMA sei uninteressant.

4. Es gelten nach Tab. 6'1 die Wertigkeiten W =

   1 fuer Elemente, die keinen Einfluss auf die Kraftstoffaufbereitung haben sowie lediglich die Kraftstofflagerung sicherstellen

   2 fuer Elemente, die die Kraftstoffaufbereitung unterstuetzen bzw. den Kraftstoff transportieren

   3 fuer Elemente, die den Kraftstoff passiv oder aktiv aufbereiten

Tab. 6'1: Bewertung der Elemente einer Kraftstoff-aufbereitungsanlage (in Anlehnung an /144/)

Elemente	Wertigkeiten
- Kraftstoffbunker	1
- Kraftstoffpumpen	2
- Kraftstoffsetztanks	3
- Kraftstoffvorwaermer	2
- Kraftstoffseparatoren	3
- Kraftstofftagestanks	1
- Kraftstoffueberlauf-, -ruecklauf- und -messbehaelter	1
- Rueckstaendetanks	1
- Kraftstoffilter	3
- Kraftstoffhomogenisatoren	3
- Kraftstoffmischeinrichtungen	3
- Viskositaetsmess- und -regelanlagen	2
- Kraftstoffeinspritzpumpen	2
- Wasch- und Leckoelwannen	1

In Anlage 3/1 sind alle Elemente einer konkreten Schiffsmaschinenanlage (/154/), die sich in der Wissensbasis des Beratungssystems zugleich als Fakten abspeichern lassen, aufgelistet worden. Aus Anlage 3/2 gehen die Kopplungen der Elemente untereinander hervor. Nach /144/ ergibt sich fuer die untersuchte Kraftstoffaufbereitungsanlage mit

n = 120 Elementen,

U_B = 125 und

K_i = 277 internen Kopplungen

ein Komplexitaets- und Kompliziertheitsgrad

$$k = \frac{K_i * U_B}{n} = \frac{277 * 125}{120} = 288{,}54 \qquad [25]$$

Die Kennziffern Komplexitaet und Kompliziertkeit lassen sich zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung einer Schiffsmaschinenanlage nutzen. Ein hoher Komplexitaetsgrad zeugt von einer breiten funktionellen Verflechtung der Anlagenelemente und eine hohe Kompliziertheit von deren Typenvielfalt. Diese Fakten koennen fuer den sicheren Schiffsmaschinenbetrieb sowie die Instandhaltung von Bedeutung sein.

6.2.3. Einbindung des Variantenvergleichs auf Basis gleicher Groessen in den Entwurfsprozess

Ein Variantenvergleich auf Basis gleicher Groessen kann sich bei der Entscheidungsfindung erforderlich machen. Wie das folgende Beispiel demonstriert, muss der Entwicklungsingenieur, nachdem er ein Funktionsschema fuer eine Schiffsmaschinenanlage entworfen und ihre erforderlichen Leistungsparameter (Sollparameter) berechnet hat, die geeigneten Anlagenelemente auswaehlen. Da in der Regel die berechneten technischen Daten mit denen der im Angebot befindlichen Maschinen, Apparate usw. nicht identisch sind und darueber hinaus noch mehrere unterschiedliche Typen zur Verfuegung stehen,

die alle die gleichen Bedingungen erfuellen, sind Entscheidungen unausweichlich.
Es bestehen folgende Moeglichkeiten:

(1) die Wahl des Anlagenelementes, das den Sollparametern am naechsten kommt,

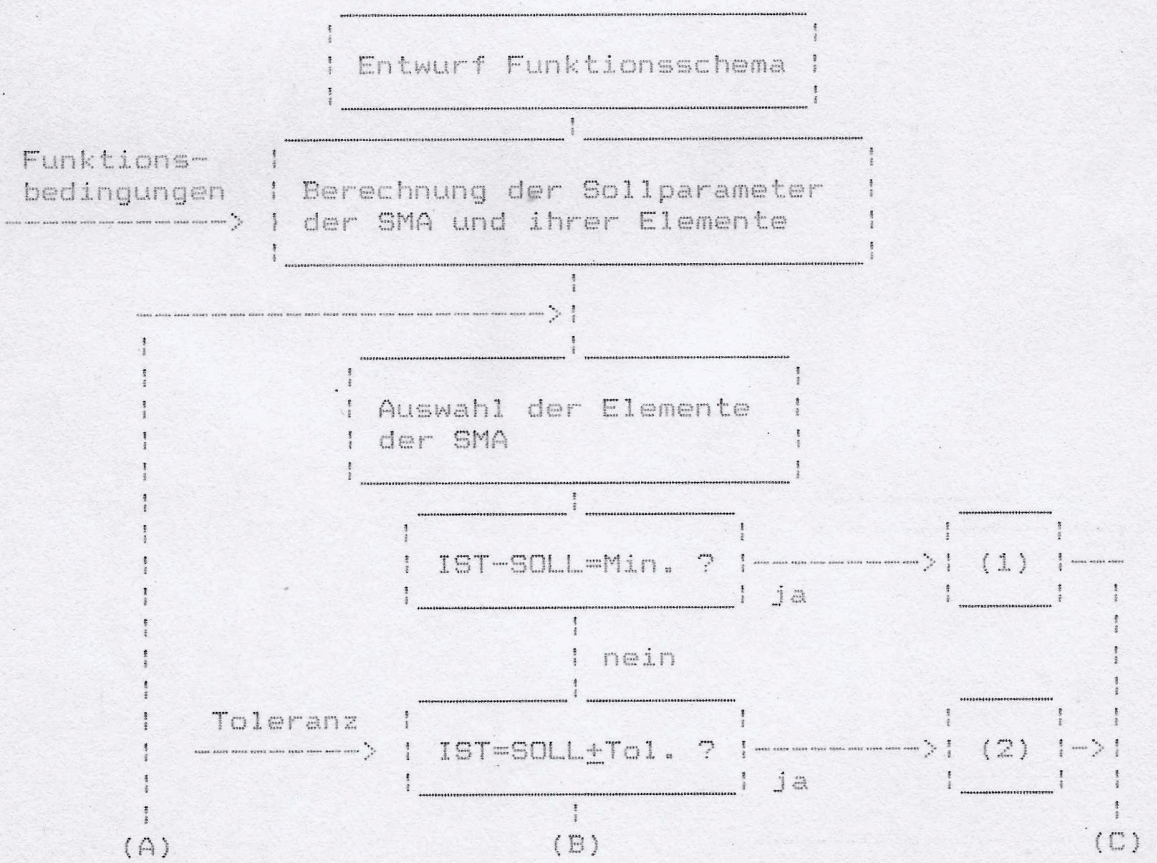
(2) die willkuerliche Auswahl aus einem begrenzten Angebot,

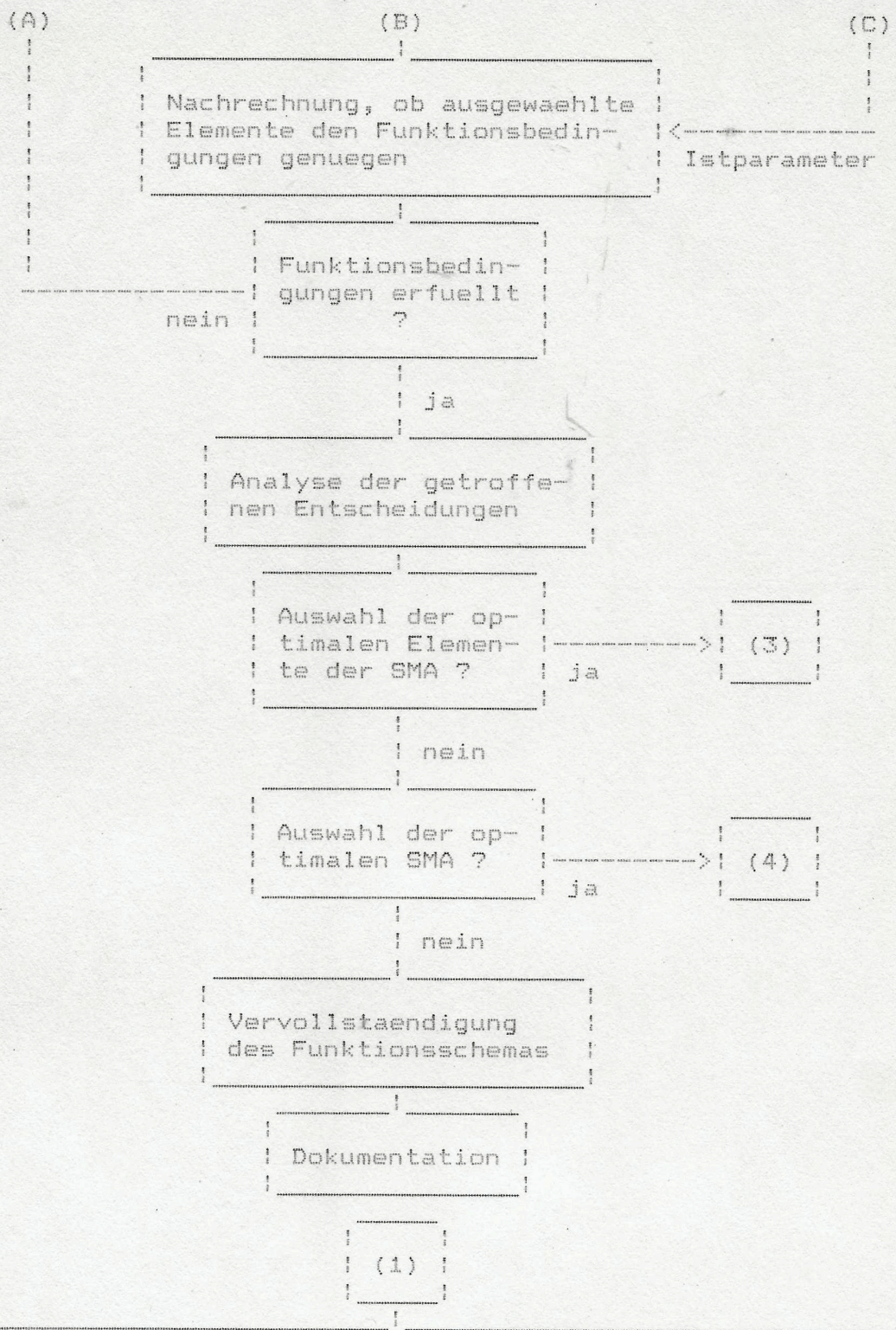
(3) die optimierte Auswahl aus einem begrenzten Angebot nach vorgegebenen Kriterien.

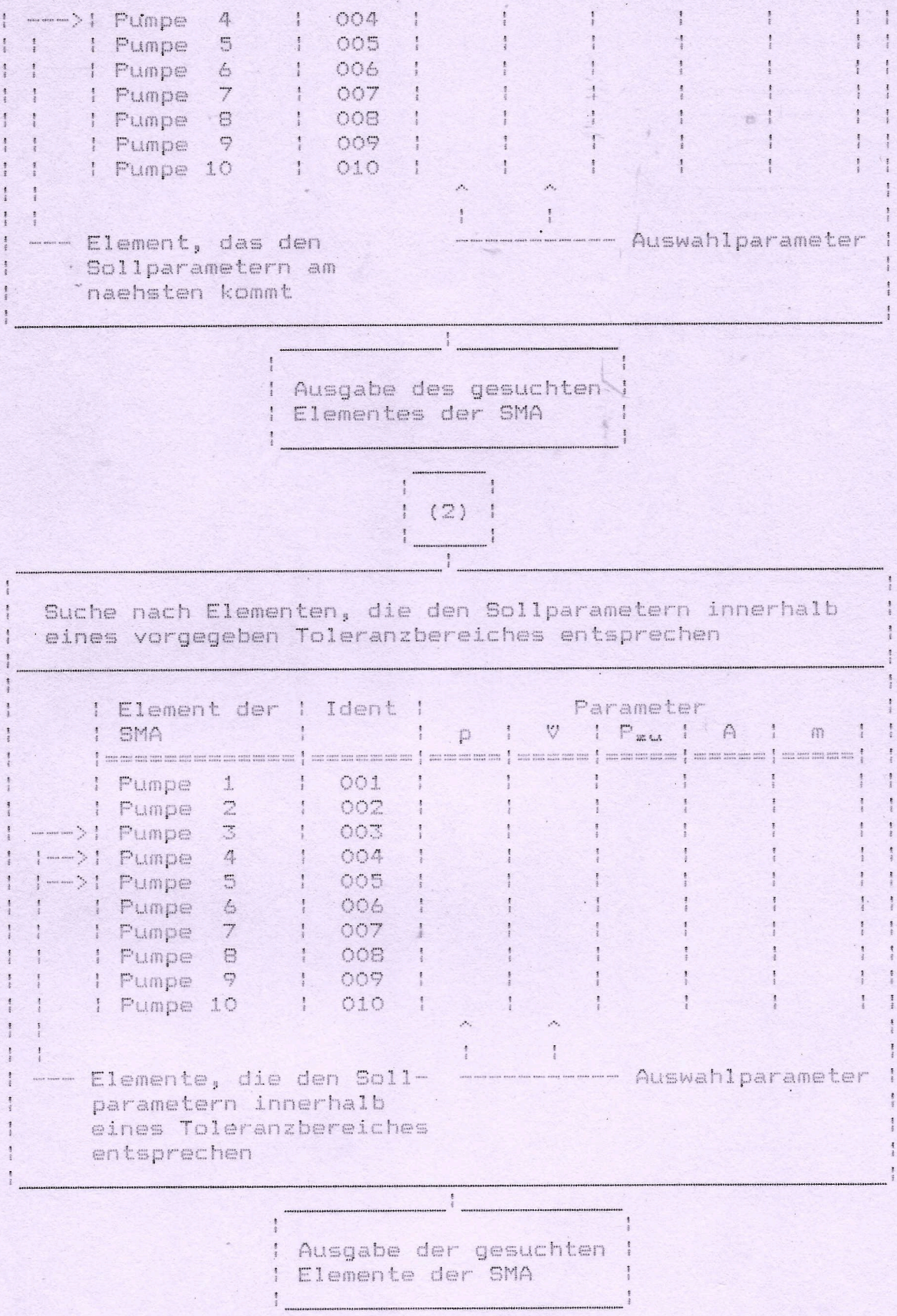
Abb. 6/4 stellt die Einbindung eines Mechanismus fuer den Variantenvergleich auf Basis gleicher Groessen in den Entwurfsprozess dar. Als Beispiel soll die in Anlage 4 vorgenommene optimierte Auswahl genuegen, wobei fiktive technische Daten angesetzt wurden. Der Entscheidungsfindung lagen die Kriterien
- hohe Leistungsfaehigkeit der Anlagenelemente (p, V) bei niedrigem Energieverbrauch (P_{zu}),
- geringer Stellflaechen- bzw. Raumbedarf (A, V) zur Reduzierung der Maschinenraumgroesse
- geringe Eigenmasse (m) zur Erhoehung der Transportmasse

zugrunde.
In aehnlicher Weise laesst sich auch eine Bewertung fertiggestellter Projekte von Schiffsmaschinenanlagen vornehmen (Abb. 6/4, (4)). Ein solcher Variantenvergleich ergaenzt den auf Basis der Kennziffern "Komplexitaet" und "Kompliziertheit".

Abb. 6/4: Einbindung des Variantenvergleichs auf Basis gleicher Groessen in den Entwurfsprozess




(A)
(B)
(C)
Nachrechnung, ob ausgewaehlte Elemente den Funktionsbedingungen genuegen
Istparameter
Funktionsbedingungen erfuellt ?
nein
ja
Analyse der getroffenen Entscheidungen
Auswahl der optimalen Elemente der SMA ?
ja
(3)
nein
Auswahl der optimalen SMA ?
ja
(4)
nein
Vervollstaendigung des Funktionsschemas
Dokumentation
(1)
Suche nach Elementen, die den Sollparametern am naechsten kommen
Element der SMA
Ident
Parameter
p
V
P
A
m
Pumpe 1
001
Pumpe 2
002
Pumpe 3
003


Pumpe 4 | 004
Pumpe 5 | 005
Pumpe 6 | 006
Pumpe 7 | 007
Pumpe 8 | 008
Pumpe 9 | 009
Pumpe 10 | 010
Element, das den Sollparametern am naehsten kommt
Auswahlparameter
Ausgabe des gesuchten Elementes der SMA
(2)
Suche nach Elementen, die den Sollparametern innerhalb eines vorgegeben Toleranzbereiches entsprechen
Element der SMA | Ident | Parameter p | V | Pzu | A | m
Pumpe 1 | 001
Pumpe 2 | 002
Pumpe 3 | 003
Pumpe 4 | 004
Pumpe 5 | 005
Pumpe 6 | 006
Pumpe 7 | 007
Pumpe 8 | 008
Pumpe 9 | 009
Pumpe 10 | 010
Elemente, die den Sollparametern innerhalb eines Toleranzbereiches entsprechen
Auswahlparameter
Ausgabe der gesuchten Elemente der SMA

(3)

Ermittlung der optimalen Elemente der SMA

a) Aufstellung und Wichtung des Optimierungszieles sowie Beschreibung und Einstufung der Varianten
b) Wertsynthese
c) Ergebnisdarstellung

a)

Optimierungs-zielstellungen	p gr.	V gr.	P_{ew} kl.	A kl.	m kl.

Element der SMA	Ident	Wichtung der Zielstellungen 4	5	3	1	2
Pumpe 3	003					
Pumpe 4	004					
Pumpe 5	005					

Einstufung

b)

Pumpe 3	003					
Pumpe 4	004					
Pumpe 5	005					

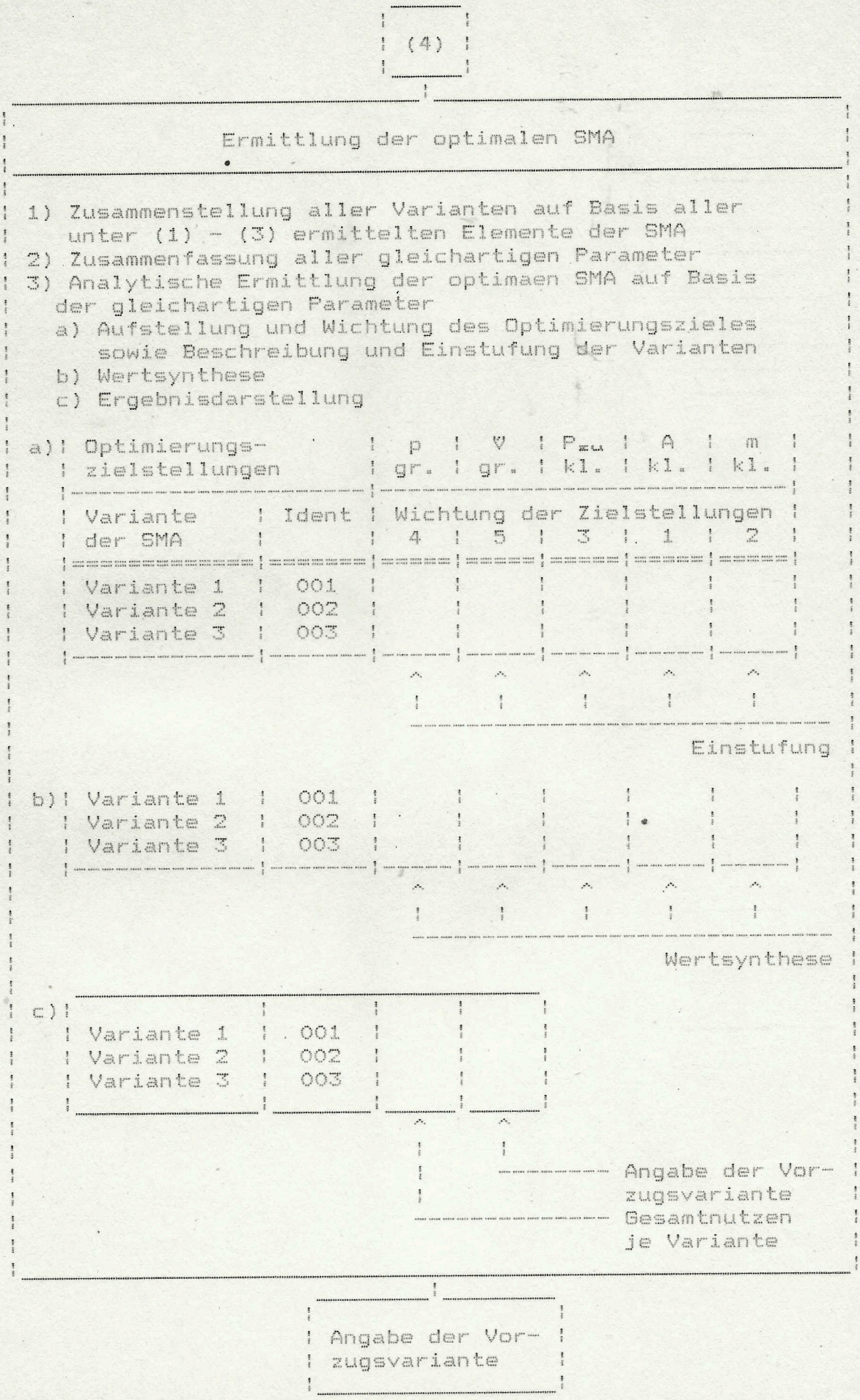
Wertsynthese

c)

Pumpe 3	003		
Pumpe 4	004		
Pumpe 5	005		

Angabe des Vorzugselements
Gesamtnutzen je Element

Angabe des Vorzugselements


(4)
Ermittlung der optimalen SMA
1) Zusammenstellung aller Varianten auf Basis aller unter (1) - (3) ermittelten Elemente der SMA
2) Zusammenfassung aller gleichartigen Parameter
3) Analytische Ermittlung der optimaen SMA auf Basis der gleichartigen Parameter
a) Aufstellung und Wichtung des Optimierungszieles sowie Beschreibung und Einstufung der Varianten
b) Wertsynthese
c) Ergebnisdarstellung
a)
Optimierungs-zielstellungen
p gr.
V gr.
P zu kl.
A kl.
m kl.
Variante der SMA
Ident
Wichtung der Zielstellungen
4
5
3
1
2
Variante 1
001
Variante 2
002
Variante 3
003
Einstufung
b)
Variante 1
001
Variante 2
002
Variante 3
003
Wertsynthese
c)
Variante 1
001
Variante 2
002
Variante 3
003
Angabe der Vor-zugsvariante
Gesamtnutzen je Variante
Angabe der Vor-zugsvariante

6.3. Hinweise fuer die Gestaltung der Benutzerschnittstelle

Die drei Hauptaufgaben der Benutzerschnittstelle wurden bereits in den Abschnitten 3.2.3. und 4.1.3. umrissen:

1) Dialogfuehrung bei der interaktiven Problembearbeitung,

2) Hilfeleistungen bei der Nutzung des Beratungssystems und

3) Erweiterung sowie Aktualisierung der Wissensbasis.

Da der kuenftige Nutzer von einem Beratungssystem ohnehin einen Dialogbetrieb erwartet, ist diesem bei der Gestaltung der Benutzerschnittstelle das Hauptaugenmerk zu widmen.
Die Kommunikation zwischen Nutzer und System wird vorerst noch ueber Bildschirm, Tastatur und gegebenenfalls Menuetableau mit Maus, Stift o.ae. erfolgen, wenngleich schon veroeffentlichte Forschungsergebnisse zu sprachorientierten Systemen neue Entwicklungstendenzen aufzeigen. Den derzeitigen programmtechnischen Moeglichkeiten Rechnung tragend, werden nachfolgend Hinweise fuer eine bildschirmorientierte Benutzerschnittstelle gegeben.

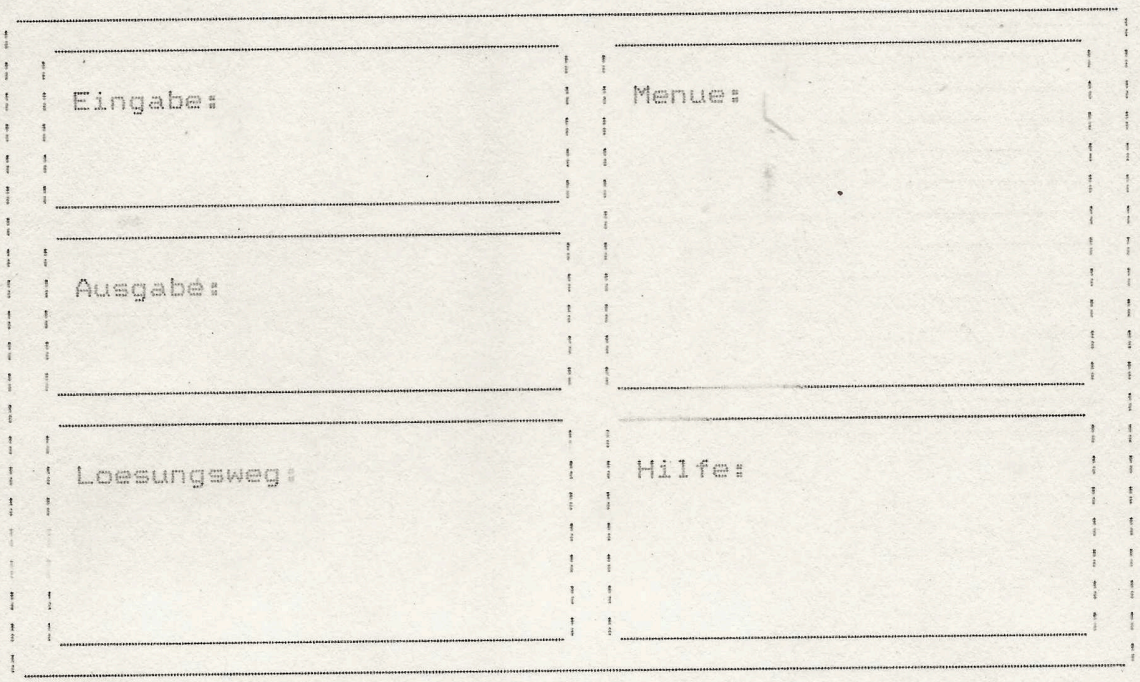
6.3.1. Vorschlag fuer die Gestaltung der Bildschirmmaske

Die Bildschirmmaske soll die Kommunikation zwischen Nutzer und Beratungssystem unterstuetzen. Fuer den staendigen Gebrauch des Systems ist es vorteilhaft, dass der Nutzer sich darauf einstellen kann, auf welcher Bildschirmposition bzw. in welchem Bildschirmbereich er mit der Protokollierung seiner Eingabeinformationen und der Darstellung der Ausgabeinformationen rechnen kann. Bei der Gestaltung von Bildschirmmasken setzt sich die sogenannte Fenster- oder Window-Technik, die die Einteilung fester Bildschirmbereiche ermoeglicht, zunehmend durch. Moderne Programmier- und Datenbankbetriebssysteme, wie sie bereits in den vorangegangenen Abschnitten wiederholt erwaehnt wurden (PROLOG, LISP; Turbo-PASCAL, MODULA-2; dBASE-II, dBASE-III usw.) lassen diese Programmiertechnik teilweise zu.
Es wird vorgeschlagen, Fenster (Windows) fuer folgende Systeminformationen einzurichten:

- Menue zur Nutzerfuehrung
  (Im Menue werden saemtliche Leistungen angeboten, die das Beratungssystem erbringen kann.)
- Hilfsinformationen zur Nutzerunterstuetzung
  (Die Hilfsinformationen erklaeren dem Nutzer die Handhabung des Beratungssystems und schliessen Fehlermeldungen mit ein.)
- Protokoll der Eingabeinformationen
  (Als Protokoll werden genau die Informationen ausgewiesen, die der Nutzer zuletzt eingegeben hat. Diese Informationen beschreiben die Problemstellung.)
- Ausgabe der Ergebnisinformationen
  (Ausgegeben werden die Ergebnisse der vom Beratungssystem vorgenommenen Problembearbeitung.)
- Erklaerung des Loesungsweges
  (Zur Anerkennung der vom System ausgegebenen Ergebnisse kann der Bearbeitungsablauf dargestellt werden.)

Aus Abb. 6/5 ist der prinzipielle Aufbau einer derartigen Bildschirmmaske ersichtlich. Sollte das Aufloesungsvermoegen des Bildschirmes bzw. seine Groesse die gleichzeitige Darstellung der beschriebenen Fenster nicht zulassen, kann eine entsprechende programmtechnische Loesung ein zeitweiliges Ein- bzw. Ausblenden ausgewaehlter Fenster (z.B. fuer Hilfsinformationen und die Erklaerung des Loesungsweges) ermoeglichen.

Abb. 6/5: Prinzipieller Aufbau einer Bildschirmmaske fuer ein Beratungssystem



6.3.2. Vorschlag fuer die Menuegestaltung

Das Beratungssystem ist nur in der Lage, dem Entwicklungsingenieur das Wissen bzw. die Leistungen zur Verfuegung zu stellen, die einmal implementiert worden sind. Da der Nutzer die Leistungsfaehigkeit des Systems im allgemeinen nicht kennt, muss sich das System selbst vorstellen und eine Nutzerfuehrung organisieren. Hierfuer ist ein entsprechend gestaltetes Menue erforderlich.
Das Menue sollte grundsaetzlich aus klar getrennten dynamischen und statischen Menueteilen bestehen. Waehrenddessen der dynamische Menueteil den Nutzer schrittweise an die von ihm gewuenschten Funktionen des Beratungssystems heranfuehrt, hat der statische Teil die Aufgabe, staendig wiederkehrende Funktionen anzubieten. Die Dynamik spiegelt sich in veraenderlichen und einer bestimmten Systematik untergeordneten Menuebildern (Untermenues) wider. In der Regel ist ein derartiges Menue mit seinen Untermenues hierarchisch aufgebaut.
Den bereits in den vorangegangenen Abschnitten ausfuehrlich beschriebenen Leistungen des Beratungssystems Rechnung tragend, wird folgender Vorschlag fuer ein strukturiertes Menue unterbreitet (Abb. 6/6):

Abb. 6/6: Entwurf eines strukturierten Menues fuer ein Beratungssystem

Hauptmenue:

(1) Problembearbeitung	dynamischer
(2) Erweit./Aktualis. Wissensbasis	Menueteil
(H) Hilfe (ein/aus)	
(L) Loesungsweg (ein/aus)	
(R) Rueckkehr in vorangeg. Menue	statischer
(A) Abbruch und Neustart	Menueteil
(S) Speichern Ergebnis	
(D) Drucken Ergebnis	

mit (H) lassen sich Hilfsinformationen einblenden
mit (L) laesst sich der aktuelle Loesungsweg darstellen
mit (R) kann in das vorangegangene Menue zurueckgesprungen werden
mit (A) laesst sich die Bearbeitung abbrechen und neustarten
mit (S) wird das Abspeichern des aktuellen Ergebnisses veranlasst
mit (D) wird das Drucken des aktuellen Ergebnisses veranlasst

Untermenue Problembearbeitung:

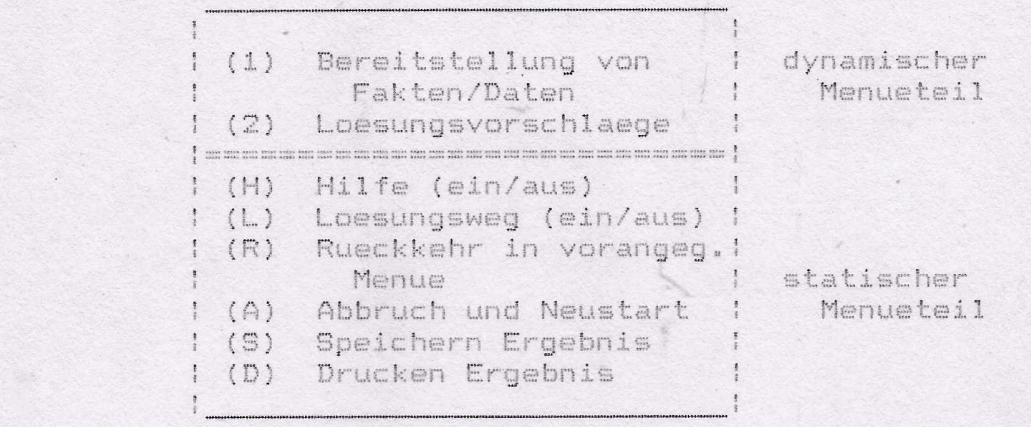
(1) Nutzung Expertensystem	dynamischer
(2) Nutzung analytisches Bewertungssystem	Menueteil
(H) Hilfe (ein/aus)	
(L) Loesungsweg (ein/aus)	
(R) Rueckkehr in vorangeg. Menue	statischer
(A) Abbruch und Neustart	Menueteil
(S) Speichern Ergebnis	
(D) Drucken Ergebnis	

Untermenue Erweiterung/Aktualisierung Wissensbasis:

(1) Fakten/Daten	dynamischer
(2) Regeln/Algorithmen	Menueteil
(H) Hilfe (ein/aus)	
(L) Loesungsweg (ein/aus)	
(R) Rueckkehr in vorangeg. Menue	statischer
(A) Abbruch und Neustart	Menueteil
(S) Speichern Ergebnis	
(D) Drucken Ergebnis	

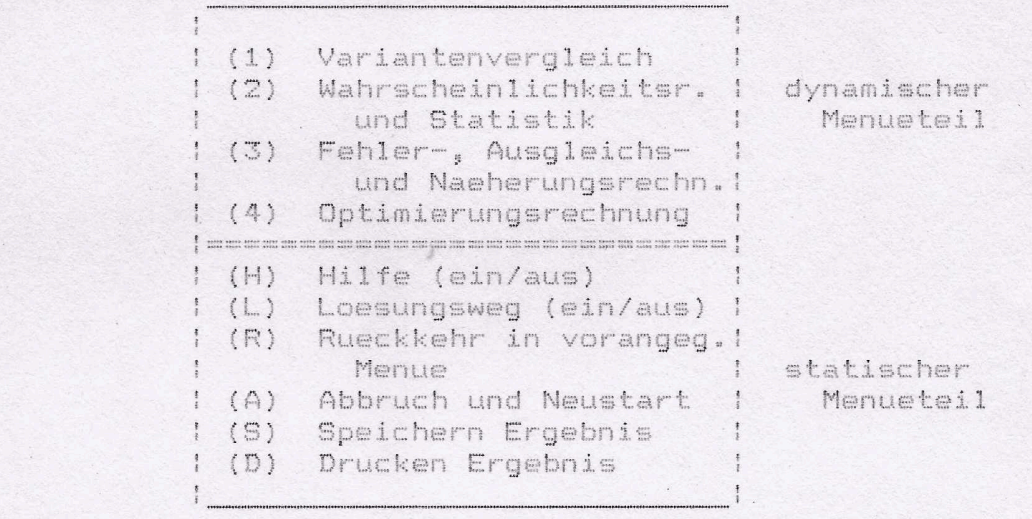
mit (1) wird lediglich die Fakten- und Datenbasis erweitert bzw. aktualisiert
mit (2) werden Regeln und Algorithmen hinzugefuegt bzw. geaendert

Untermenue Nutzung Expertensystem:



mit (1) werden lediglich Fakten bzw. Daten zu ausgewaehlten Wissenskomplexen gemaess Abschnitt 6.1. angeboten
mit (2) werden Schlussfolgerungen bzw. Loesungsvorschlaege in Ableitung der in der Problemstellung angegebenen Fakten und Daten angeboten

Untermenue Nutzung analytisches Bewertungssystem:



mit (1) - (4) werden die in den Abschnitten 4.1.2. und 6.2. beschriebenen analytischen Leistungen angeboten

Die Untermenues sind natuerlich noch weiter in die Tiefe zu strukturieren, was insbesondere fuer die Nutzung der Wissensbasis des Expertensystems zutrifft. Es ist auch zu beachten, dass die in der Wissensbasis verwalteten Fakten selbst fuer die Menuegestaltung herangezogen werden koennen, wofuer sich die Programmiersysteme PROLOG und LISP geradezu anbieten.

6.3.3. Gestaltungshinweise fuer Hilfsinformationen und die Darstellung der Loesungswege

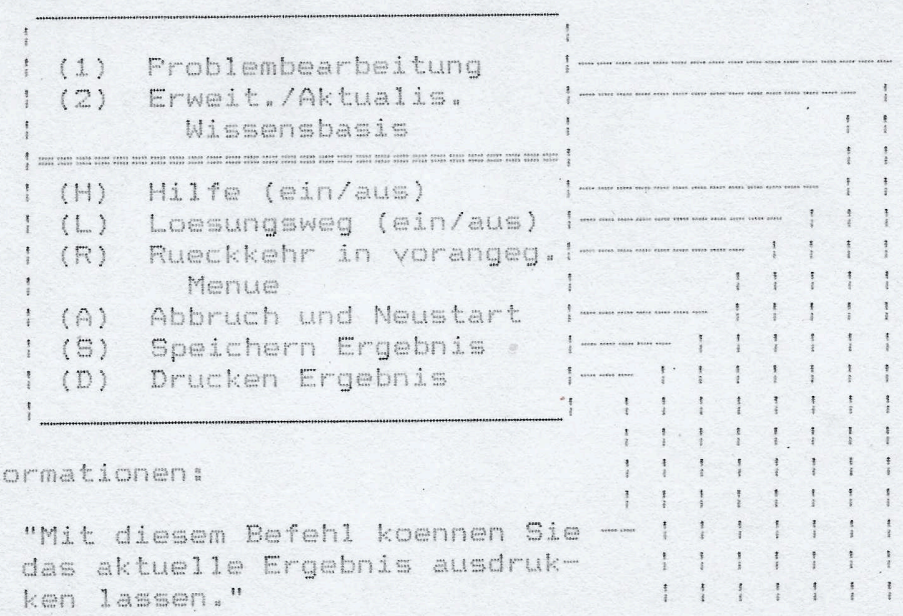
Bei der Nutzung des Beratungssystems kann der Entwicklungsingenieur vor dem Problem stehen, die vom Menue angebotenen Leistungen, automatisch ausgegebene Fehlermeldungen oder aber auch die vom System ermittelten Loesungen nicht zu verstehen. Das hat wiederum Verzoegerungen bei der Bearbeitung einer Entwicklungsaufgabe bzw. ausbleibende Akzeptanz der vom System praesentierten Ergebnisse zur Folge. Hier ist es sinnvoll, dem Nutzer noch Systemkomponenten zur Verfuegung zu stellen, die ihn aus solchen Zwangslagen heraushelfen. Derartige Komponenten geben bei Bedarf Hilfsinformationen aus und stellen den beschrittenen Loesungsweg dar.
Fuer die Gestaltung dieser Systemkomponenten seien folgende Hinweise gegeben:

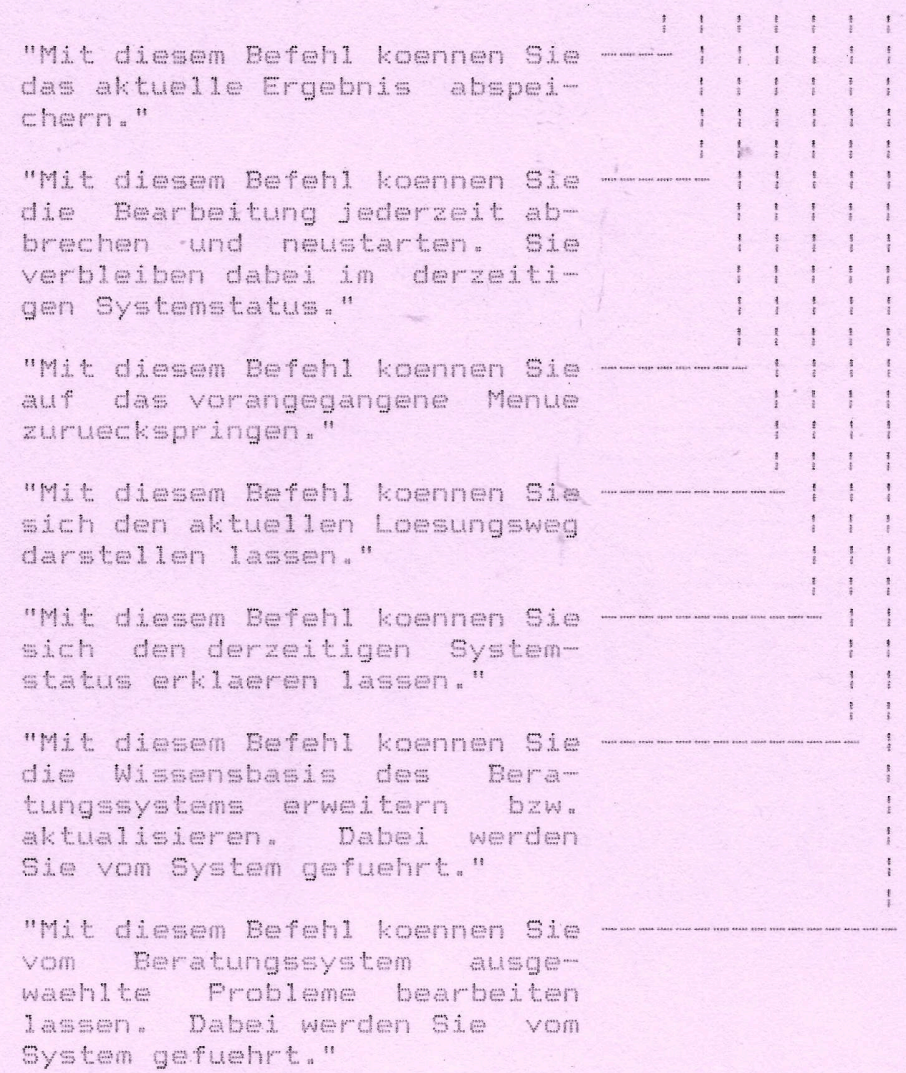
1) Hilfsinformationen muessen stets so bereitgestellt werden, dass sie den derzeitigen Systemstatus erklaeren koennen. Als Systemstatus ist der Zustand zu verstehen, in dem sich das System gerade befindet, wie z.B.
   - Angebot von ausgewaehlten Leistungen in einem Menue (Hier sind diese Leistungen naeher zu beschreiben)
   - Ausgabe von Fehlermeldungen (Es sind diese Fehler zu erlaeutern sowie Hinweise fuer deren Ueberwindung zu geben)
   - Darstellung von Symbolen, Kurzzeichen u.ae. (Sie beduerfen einer Interpretation).

   Die Hilfsinformationen sind sach- bzw. problembezogen in kurzer Textform zusammenzustellen und mit eindeutigen Identifikationsmerkmalen in das Beratungssystem zu integrieren. Wird durch den Nutzer ein bestimmter Systemstatus ausgeloest, muss automatisch die zugeordnete Hilfsinformation ermittelt werden, um bei Bedarf ausgegeben werden zu koennen.

   Beispiel 6-7: Hilfsinformationen und deren Zuordnung

   Hauptmenue:





2) Fehlermeldungen werden in der Regel von dem zur Anwendung gelangten Betriebs-, Programmier- und Datenbankbetriebssystemen ausgegeben, soweit die dafuer vorgesehenen Module geladen worden sind. Um einen zuverlaessigen Betrieb des Beratungssystems zu gewaehrleisten, koennen weitere Fehlerhinweise erforderlich sein. Entsprechende Informationen wird gegebenenfalls der Systementwickler vorsehen. Es ist allerdings sinnvoll, dass saemtliche Fehlermeldungen in einem fuer den Nutzer gewohnten Bildschirmbereich angezeigt werden, wie z.B. in dem Fenster (Window) fuer Hilfsinformationen (siehe Abb. 6/5).

3) Die laufende Darstellung des beschrittenen Loesungsweges wird von den Programmiersystemen fuer Expertensysteme (PROLOG, LISP) durch sogenannte TRACE-Module unterstuetzt (/106/, /125/, /139/, /156/, /205/). Hingegen muessen fuer das analytische Bewertungssystem noch Module entwickelt werden, die einen Einblick in den jeweiligen Bearbeitungsablauf gestatten. Da es sich hierbei im allgemeinen um Berechnungen handelt, bietet sich eine Darstellungsform an, aus der sowohl der Algorithmus (Formel, Tabelle o.ae.) als auch die eingeordneten Daten ersichtlich sind (siehe z.B. Anlage 4).

7. Schlussbetrachtungen

In der vorliegenden Arbeit wurden die Realisierungsmoeglichkeiten fuer ein Beratungssystem untersucht, das den Entwicklungsingenieur beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen mit der Bereitstellung und auch Verarbeitung von Fachwissen unterstuetzen soll. Dieses in drei Varianten vorgestellte Beratungssystem besteht aus zwei einander ergaenzenden, jedoch autonöm nutzbaren Hauptkomponenten, dem
- Expertensystem und dem
- analytischen Bewertungssystem;
es stellt somit schon eine Erweiterung bisheriger Konzepte fuer Wissensverarbeitungssysteme dar.

Bei seiner Entwicklung ist das Hauptaugenmerk nicht nur auf die Programmierung aller Komponenten, wie Wissensbasis, Inferenz- und Analysemechanismus sowie Benutzerschnittstelle, zu richten, sondern auch auf die systematische Aufbereitung des in der Wissensbasis abzuspeichernden Fachwissens. Waehrenddessen die erste Aufgabe erfahrenen Softwareentwicklungsingenieuren kaum Schwierigkeiten bereiten wird, von einer gegebenenfalls erforderlichen Einarbeitung in ein noch nicht beherrschtes Programmiersystem abgesehen, stellt die zweite Aufgabe noch ein allgemeines Neuland dar. Es genuegt nicht mehr, in der bisher gewohnten Weise rechnergestuetzte Systeme lediglich mit Daten zu versorgen, welche in der ein- bzw. ausgegebenen Form unveraendert auch anderweitig genutzt werden. Zahlreiche Wissensquellen zu einem bestimmten Fachgebiet sind zu erschliessen, wie Fachliteratur, -zeitschriften und sonstige Publikationen. Hinzu kommt das ueber gezielte Befragungen der Experten zusammengetragene Wissen. Eine entsprechende Bereitschaft fuer die Wissensvermittlung muss vorliegen und kann aus dem Verstaendnis erwachsen, dass sich ein intelligentes Arbeitsmittel zur Loesung von Problemstellungen in Vorbereitung befindet. Welches Fachwissen in Betracht kommen kann und wie es verarbeitet wird, demonstrieren an einem ausgewaehlten Beispiel die Abschnitte 5. und 6.1..
In den Untersuchungen blieben jedoch noch die Auswahlkriterien fuer eine Aufnahme des zusammengetragenen Fachwissens in die Wissensbasis des Beratungssystems unberuecksichtigt. Zweifellos werden hierbei die verfuegbare Speicherkapazitaet der Wissensbasis sowie die Problemkreise, die ohne Unterstuetzung des Beratungssystems sehr schwer zu bearbeiten sind, von besonderer Bedeutung sein.

Darueber hinaus ist auch der Pflege der Wissensbasis Beachtung zu schenken. Es bedarf einer Klaerung, wer wann wie diese Arbeiten am besten vornehmen koennte; der Nutzer, der Wissensingenieur oder wer auch immer. Sicherlich wird sich kuenftig eine neue Form der Wissensvermittlung entwickeln, die von den heutigen Fachaufsaetzen, wie Fachbuecher, -zeitschriften usw., wesentlich abweicht. International standardisierte Wissensbasen liessen sich z.B. von den zustaendigen Autoren fuellen und von besonderen Verlegern an alle Bedarfstraeger vertreiben. In unserem Falle waeren das neben den Schiffbaubetrieben vielleicht auch die Schiffsbetreiber. Auf aehnliche Weise wird bereits seit Jahren Software, die ja auch eine Vergegenstaendlichung von Daten und Algorithmen

darstellt, gehandelt. Es ist damit zu rechnen, dass sich gefuellte Wissensbasen bzw. schluesselfertige Beratungssysteme zu einer gefragten Ware entwickeln. Diesem Trend muss bereits heute Rechnung getragen werden.

Wie die vorliegende Arbeit zeigt, ist alleine schon das Fachwissen zu einer ausgewaehlten Schiffsmaschinenanlage (hier der Kraftstoffaufbereitungsanlage) sehr komplex und kompliziert. Fuer die Projektierungs- und Konstruktionsbueros von Schiffswerften sind insbesondere Beratungssysteme interessant, die Fachwissen zu allen Schiffsmaschinenanlagen bereitstellen und auch verarbeiten. Es erscheint moeglich, unter entsprechenden rechentechnischen Voraussetzungen (Leistungsparameter der zur Verfuegung stehenden Hardware) ein Beratungssystem einzurichten, das diesem Anspruch gerecht werden kann. Hiermit lassen sich zugleich unter Vermeidung von Redundanzen bei auf jede Schiffsmaschinenanlage zugeschnittenen autonomen Systemen die Beziehungen wahren, die zwischen den verschiedenen Anlagen bestehen (siehe Abschnitt 5.5.).

Es sei an dieser Stelle der persoenliche Wunsch des Verfassers angefuegt, dass die vorliegende Arbeit zur Entwicklung einer nutzbaren Anwenderloesung auf dem Gebiet der kuenstlichen Intelligenz beitraegt und den internationalen Stand mitzubestimmen vermag.

Ein besonderer Dank gilt all denen, die mit Ideen, Vorschlaegen und Hinweisen am Gelingen dieser Arbeit teilhatten.

10. Quellenverzeichnis

Nummer Quellen

/1/ "Oekonomie und Optimierung"
(W. Lassmann, H. Schilar)
Akademie-Verlag Berlin 1985

/2/ "Optimierung - Eine Einfuehrung mit Anwendungsbeispielen"
(H. Bialy, M. Olbrich)
VEB Fachbuchverlag Leipzig 1975

/3/ "Optimierung technischer Produkte und Prozesse"
(H. Ahlers, B. Schwartz, J. Waldmann)
VEB Verlag Technik Berlin 1981

/4/ "Lineare Optimierung in der Oekonomie"
(I. J. Birman)
Verlag Die Wirtschaft Berlin 1971

/5/ "Die Seewirtschaft der DDR 1971-1980"
(K.-H. Gustmann)
TRANSPRESS VEB Verlag fuer Verkehrswesen Berlin 1984

/6/ "Nutzeffekt und Intensivierung im Seeverkehr"
(Autorenkollektiv)
TRANSPRESS VEB Verlag fuer Verkehrswesen Berlin 1976

/7/ "Schiffsmaschinenbetrieb"
(H. Theremin, H. Roebke)
VEB Verlag Technik Berlin

/8/ "MINOEL, Bd. 14 - Lineare Optimierung"
(E. Seiffart, K. Manteuffel)
BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1982

/9/ "Schiffsrohrleitungen"
(H. Mann)
VEB Verlag Technik Berlin 1986

/10/ "Schiffstechnik - Einfuehrung und Grundbegriffe"
(A. Dudszus, E. Danckwardt)
VEB Verlag Technik Berlin

/11/ "Schiffbautechnisches Handbuch Bd. 2"
(W. Henschke)
VEB Verlag Technik Berlin 1968

/12/ "Schiffbautechnisches Handbuch Bd. 4"
(W. Henschke)
VEB Verlag Technik Berlin 1968

/13/ "Schema der Treibstoffleitungen Schiffstyp LO-RO-18"
Zchng.-Nr. 121-00.741.00.1-01
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1984

/14/ "Schiffbauliche Baubeschreibung Schiffstyp LO-RO-18"
Zchng.-Nr. 121-000.07
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKS

/15/ "Maschinenbauliche Berechnungen Schiffstyp LO-RO-18"
Zchng.-Nr. 121-000.12 D
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1984

/16/ "Dieselmotor KSZ 70/125 B/BL Lizenz MAN"
- Handbuch -
VEB Dieselmotorenwerk Rostock

/17/ "Grundlagen der Hydraulik"
(J. Voigt)
VEB Verlag Technik Berlin 1977

/18/ "Schraubenpumpen in Einspindelausfuehrung: Baureihen M-9 und M-13/2"
- Bedienanweisung -
VEB Feuerloeschgeraetewerk Joehstadt 1983

/19/ "Schraubenpumpen: Baureihen ACF, CLB und DLB"
- Informationsdokumentation -
HYDROSTER / VR Polen 1983

/20/ "Zahnradpumpen: Baureihe AMK-18"
- Betriebsanleitung -
VEB ORSTA-Hydraulik Leipzig 1984

/21/ "Zahnradpumpen: Baureihen A-9, A-13 und AC-13"
- Betriebsanleitung -
VEB ORSTA-Hydraulik Leipzig 1983

/22/ "Rohrbuendel-Waermeuebertrager"
- Bedienanweisung und Konstruktionszeichnungen -
VEB Chemieanlagenbaukombinat Leipzig-Grimma, BT Apparatebau und Eisengiesserei Leipzig-Tragnitz 1981

/23/ "Oelseparator SOZB/5 SS 7"
- Montage- und Bedienungsanweisung -
VEB Kyeffhaeuserhuette Artern 1981

/24/ "Kraftstoff-Filterautomat: Baureihe FRO 40 AD-X 30"
- Beschreibung und Ersatzteilverzeichnis -
VEB Dieselmotorenwerk Rostock

/25/ "The Automatic On-Line Blending Unit"
- Dokumentation -
MAN - B&W - Holeby

/26/ "MTG Marinetechnik . entwickelt neuartigen Oel-Wasser-Separator"
Schiffstechnik international vom 20.03.1985
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/27/ "Sanko Steamship plant massive Brennstoffeinsparung auf ihren Schiffen"
Schiffstechnik international vom 13.12.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/28/ "Hinweise fuer den oekonomischen Schweroel-Betrieb von B&W-Schiffsmotoren"
Schiffstechnik international vom 15.07.1983
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/29/ "Modernes Schweroel-Reinigungssystem von Alfa-Laval"
Schiffstechnik international vom 10.01.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/30/ "Brennstoffdosier- und Mischanlage UZGS-5000"
Schiffstechnik international vom 23.05.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/31/ "Brennstoff-Mischeinheit kann Kostenanstieg aufhalten"
Schiffstechnik international vom 07.12.1981
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/32/ "Aufbereitung von Brennstoffgemischen"
Schiffstechnik international vom 30.11.1981
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/33/ "Emulgator verringert Treibstoffkosten"
Schiffstechnik international vom 19.10.1982
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/34/ "Homogenisator gegen schlechte Schweroelqualitaeten"
Schiffstechnik international vom 15.03.1983
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/35/ "Brennstoff-Zufuehrungseinheit mit hohem Wirkungsgrad"
Schiffstechnik international vom 15.03.1983
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/36/ "Hight-Density Fuel Cleaner Successful"
Diesel & Gas Turbine Worldwide 5/1985

/37/ "Experience of cleaning hight desity fuel"
Marine Engineering Review (MER) 5/1985

/38/ "More flexibility for centrifuge system"
Marine Propulsion International 2/1984

/39/ "Schweroel-Drucksystem fuer Schiffsmotoren"
NAVIGATOR 1983

/40/ "Anforderungen an die Separatoren zum Einsatz minderwertiger Brennstoffe"
- Dokumentation -
Alfa Laval

/41/ "Neuzeitliche Behandlung von Schwer- und Schmieroelen mittels Alfa-Laval-Separatoren im Dieselmotorenbetrieb"
(J.-U. Kiessling, M. Panzer)
Schiff & Hafen / Kommandobruecke 7/1979

/42/ "Sichere und wirtschaftliche Aufbereitung von Mineraloel"
HANSA 20/1985

/43/ "Allen's latest H.O. engine standard"
(M.T. Barnett)
Marine Propulsion 8/1984

/44/ "Neueste Kraftstoffbehandlungsanlage EMULSA"
Schiffstechnik international vom 05.05.1986
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/45/ "Erarbeitung eines Bauteilkataloges fuer Maschinen und Ausruestung"
(W. Sieweke, T. Gaede)
- Ingenieurbeleg -
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1987

/46/ "Diesel-Elektro-Aggregat 8 VD 26/20 AL-2"
- Bedienungsanleitung -
VEB Schwermaschinenbau "Karl Liebknecht" Magdeburg

/47/ "Diesel-Generator-Aggregat 6 VD 18/15 A-1"
- Bedienungsanleitung -
VEB Elbe-Werk Rosslau

/48/ "Konstruktion und Entscheidung - Eine wertanalytische Ueberlegung"
(U. Stahl, G. Summerer)
VDI-Z 1/1976

/49/ "Schema der Treibstoffleitungen Schiffstyp AEQUATOR"
Zchng.-Nr. 265-20.741.00.1-01
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1984

/50/ "Schema der Treibstoffleitungen Schiffstyp MERCUR-II"
Zchng.-Nr. 471-30.741.00.1-01
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1981

/51/ "Schema der Treibstoffleitungen Schiffstyp MONSUN"
Zchng.-Nr. 243-20.741.00.1-01
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1982

/52/ "Schema der Treibstoffleitungen Schiffstyp UL-ESC-II"
Zchng.-Nr. 141-20.741.00.1-05
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1981

/53/ "Wissensspeicher Projektierung Bd. 1 - Betriebseinrichtung"
(Kossatz)
VEB Verlag Technik Berlin 1972

/54/ "Produktgestaltung im Sozialismus"
(M. Kelm)
Dietz-Verlag Berlin 1971

/55/ "Zu Inhalt und Bedeutung des Gesetzes der Groessendegression der Kosten und seine Erscheinungen und Wirkungsweise bei Frachtschiffen"
(J. Sydow)
- Dissertation -
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1981

/56/ "Arbeitswissenschaften fuer Ingenieure"
(Autorenkollektiv)
VEB Fachbuchverlag Leipzig 1974

/57/ "Funktion - Form - Qualitaet"
(S.H. Begenau)
Zentralinstitut fuer Gestaltung Berlin 1967

/58/ "Die Wechselwirkung zwischen Forschung und Konstruktion im Werkzeugmaschinenbau"
(F. Koenigsberger)
Rheinisch-Westfaelische Akademie der Wissenschaften
Westdeutscher Verlag Opladen GmbH 1971

/59/ "Qualitative Analyse von Mensch-Maschine-Systemen"
(R. Hackstein)
Rheinisch-Westfaelische Akademie der Wissenschaften
Westdeutscher Verlag Opladen GmbH 1971

/60/ "Ultraschall-Kraftstoffbehandlungseinheit MARISAVE"
Schiffstechnik international vom 05.05.1986
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/61/ "Vorschriften fuer die Klassifikation und den Bau von Seeschiffen - Teil VIII Systeme und Rohrleitungen"
DDR-Schiffs-Revision und -Klassifikation (DSRK) 1982

/62/ "Vorschriften fuer die Klassifikation und den Bau von Seeschiffen - Teil IX Maschinen"
DDR-Schiffs-Revision und -Klassifikation (DSRK) 1982

/63/ "Internationale Konvention zum Schutz des menschlichen Lebens auf See, 1974 (SOLAS 74)"
Gesetzblatt der DDR, Sonderdruck 1015 vom 31.03.1980

/64/ "Konvention ueber den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes vom 22.03.1974 (MARPOL)"
Gesetzblatt der DDR, Teil II Nr. 8 vom 27.04.1977

/65/ "Arbeitsschutzvorschriften, bezogen auf allgemeine Anordnung, Ausruestung und Einrichtung von Hochseeschiffen"
Ministerium der Seeflotte der UdSSR, Moskau 1983

/66/ "Vorschriften zum Schutz gegen Verschmutzungen: Schiffe und Oel-Uebergbe-Uebernahmeeinrichtungen"
Coast-Guard Bd. 37, Nr. 246, Teil II vom 21.12.1972
Bundesregister der USA, Ministerium fuer Transport

/67/ "Preliminary Ships Estimation"
(J. Carrayette)
The Naval Architect 7/1978

/68/ "Zeitaufwandsplanung in der technischen Produktionsvorbereitung"
(K.-H. Britt, G. Britt)
Rostocker Betriebswirtschaftliche Manuskripte
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1976

/69/ "Gesamtbetriebskosten von Dieselmotoren als Hauptantrieb - Ein Vergleich von drei fuehrenden Herstellerfirmen"
Schiffstechnik international vom 27.02.1985
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/70/ "Konzeption fuer den CAD-Baustein Interaktiver Systementwurf im Rahmen der rechnergestuetzten Konstruktion von Schiffsmaschinenanlagen"
F/E-Bericht Nr. ST 41-86-01
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1986

/71/ "Kleine Enzyklopaedie: Technik"
(Autorenkollektiv)
VEB Bibliographisches Institut Leipzig 1974

/72/ "Maschinenanordnung"
Zchng.-Nr. 121-30.600.71.1-02
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1982

/73/ "Kraftstoffoederpumpenblock Pos. 96 (Montage)"
Zchng.-Nr. 121-30.626.71.1-05
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1982

/74/ "Kraftstoffoederpumpenblock (Induplan)"
Zchng.-Nr. 121-30.626.34.1-05.7
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1982

/75/ "Brennstoffruecklaufbehaelter fuer Hauptmotor"
Zchng.-Nr. 9999-62.302
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1982

/76/ "Rohr- und Blockverkettung Maschinenraum Plattformdeck (Induplan)"
Zchng.-Nr. 121-37.700.34.1-03
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1982

/77/ "Induplan Maschinenraum Treibstoffleitungen"
Zchng.-Nr. 121-30.772.34.1-41
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1983

/78/ "Studie: Fertigungsgerechte Gestaltung stahlschiffbaulicher Konstruktionen"
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1986

/79/ "Darstellung und Nutzung von Expertenwissen fuer ein Bildanalysesystem"
(G. Sagerer)
- Dissertation -
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1985

/80/ "Developments in expert systems"
(M.J. Coombs)
Academic Press Inc. (London) Ltd. 1984

/81/ "Rechnergestuetzte Entscheidungshilfen"
(R. Straubel, A. Wittmuess)
Zentralinstitut fuer Kybernetik der AdW Berlin 1983

/82/ "Ein interaktives Entscheidungsmodell zur optimalen Steuerung eines Systems mit mehreren Zielfunktionen"
(R. Straubel, A. Wittmuess)
Messen - Steuern - Regeln 1/1983

/83/ "Investitionsentscheidungen vom Rechner unterstuetzt"
(B. Lukas)
VDI-Z 11/1984

/84/ "Intelligente Roboter, Teil 1: Zum Verstaendnis von Expertensystemen"
(U. Rembold, Ch. Blume, R. Dillmann, P. Levi)
VDI-Z 19/1985

/85/ "Intelligente Roboter, Teil 2: Autonome mobile Rechner"
(U. Rembold, Ch. Blume, R. Dillmann, P. Levi)
VDI-Z 20/1985

/86/ "Intelligente Roboter, Teil 3: Aufgabenorientierte Programmierung"
(U. Rembold, Ch. Blume, R. Dillmann, P. Levi)
VDI-Z 21/1985

/87/ "Intelligente Roboter, Teil 4: Modell-gesteuerte Bildanalyse, Einfuehrung und Beispiele"
(U. Rembold, Ch. Blume, R. Dillmann, P. Levi)
VDI-Z 22/1985

/88/ "Ein kleines Expertensystem"
(H. Feichtinger)
MC 10/1985

/89/ "Expertensysteme"
(N.R. Iudica)
Regelungstechnische Praxis (RTP) 9/1984

/90/ "Kuenstliche Intelligenz und Expertensysteme"
(G. Ness)
Automatisierungstechnische Praxis (ATP) 1/1985

/91/ "Kuenstliche Intelligenz: Vom Mauerbluemchen zur Star-Disziplin"
(R. Hofer)
Elektronik 18/1984

/92/ "Babylon: Kernsystem einer integrierten Umgebung fuer Entwicklung und Betrieb von Expertensystemen"
(F. di Primio, G. Brewka)
Nachr. f. Dokum. 1/1985

/93/ "Expertensysteme als intelligente Informationssysteme - Konzepte fuer die funktionale Erweiterung des Information Retrieval"
(U. Hahn)
Nachr. f. Dokum. 1/1985

/94/ "Verbesserung der Zuverlaessigkeit und Verfuegbarkeit von Prozessleitsystemen"
(A. Hueck)
Automatisierungstechnische Praxis (ATP) 2/1986

/95/ "Auswahl eines Mikrorechnersystemes"
(P. Rinza, B. Grimm)
VDI-Z 3/1986

/96/ "Beratungs- und Expertensysteme unterstuetzen beim Loesen komplizierter Steuer- und Entscheidungsaufgaben"
(J. Wernstedt)
Wissenschaft und Fortschritt 3/1986

/97/ "Expertensysteme auf der Hannover-Messe '85"
(H. Schoknecht, M. Schlueter)
Automatisierungstechnische Praxis (ATP) 10/1985

/98/ "Expertensysteme fuer industrielle Nutzung"
(R.-D. Hennings)
Nachr. f. Dokum. 4-5/1985

/99/ "Experten-Regelungen"
(B. Bieker)
Automatisierungstechnische Praxis (ATP) 8/1986

/100/ "Praktische Anwendung kuenstlicher Intelligenz durch Expertensysteme"
(G. Warnecke, P. Mertens)
Werkstatt-Technik 9/1986

/101/ "Ingenieurtechnische Entscheidungen"
(M. Peschel)
VEB Verlag Technik Berlin 1980

/102/ "Theorie diskreter Systeme der automatischen Verwaltung"
(W.A. Ivanov, A.S. Juschenko)
Verlag Nauka Moskau 1983

/103/ "Technische Diagnostik in komplexen Anlagen"
(U. Fiedler, F. Baldeweg)
Wissenschaft und Fortschritt 2/1987

/104/ "Formelmanipulation mit dem Computer"
(H. Perlt, J. Ranft)
Wissenschaft und Fortschritt 1/1987

/105/ "Wissensbasierte Systeme"
(W. Brauer, B. Radig)
GI-Kongress Muenchen am 28./29. Oktober 1985
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1985

/106/ "LISP-Programmierhandbuch"
(H. Stoyan)
Akademie-Verlag Berlin 1978

/107/ "Kleines Woerterbuch der marxistisch-leninistischen Philosophie"
(M. Buhr, A. Kosing)
Dietz-Verlag Berlin 1974

/108/ "Expertenwissen von Computern bereitgestellt"
(V. Kempe, P. Florath)
Neues Deutschland vom 04./05. April 1987

/109/ "Einsatz von Expertenwissen zur Bedienung komplexer Produktionssysteme"
Flexible Automatisierung 1/87
Zentralinstitut fuer Information und Dokumentation (ZIID) Berlin 1987

/110/ "Materialbedarfsliste Vorwaermer Pos. 106/107 fuer Schweroel- und fuer MDF-Separator Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 136.1.111.16
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1981

/111/ "Materialbedarfsliste Schweroelendvorwaermer Pos. 103 fuer Dieselgeneratoren Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 136.2.101.16
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1982

/112/ "Materialbedarfsliste Schweroelendvorwaermer Pos. 110 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 136.1.113.16
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1981

/113/ "Materialbedarfsliste Schraubenpumpe als Oelrueckstaendepumpe Pos. 101 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 135.1.126.19
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1981

/114/ "Materialbedarfsliste Kraftstoffzubringerpumpe Pos. 97 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. (nicht angegeben)
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1981

/115/ "Materialbedarfsliste Kraftstoffoerderpumpe Pos. 96 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. (nicht angegeben)
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1981

/116/ "Materialbedarfsliste Schweroelzubringerpumpe fuer Dieselgeneratoren Pos. 105 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 135.3.151.19
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1983

/117/ "Materialbedarfsliste Dieseloelpumpe Pos. 116 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 135.1.143.19
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1981

/118/ "Materialbedarfsliste Dieseloelzubringerpumpe fuer Dieselgeneratoren Pos. 104 Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 135.3.152.19
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1983

/119/ "Materialbedarfsliste Separator Pos. 98/99 als Schweroel- und als MDF-Separator Schiffstyp LO-RO-18"
Bestellung Nr. 719.5.061.13
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKM 1985

/120/ "Veraenderung der Konstruktionstaetigkeit durch CAD-Systeme"
(F.-L. Krause)
Zur Wirtschaftlichen Fertigung (ZWF) 2/1985

/121/ "Die fuenfte Computer-Generation - eine japanische Herausforderung"
(W. Kaemmerer)
Wissenschaft und Fortschritt 6/1987

/122/ "Ein PROLOG-Interpreter fuer SCP"
(R. Staudte)
EDV-Aspekte 3/1985

/123/ "Funktionales und relationales Programmieren in PROLOG"
(U. Geske)
EDV-Aspekte 3/1985

/124/ "Ein intelligentes Diagnosesystem"
Schiffstechnik international vom 10.02.1987
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/125/ "Einfuehrung in das Programmieren in LISP"
(Ch.-H. Hamann)
Verlag Walter de Gruyter & Co. Berlin New York 1985

/126/ "Kleine Enzyklopaedie: Mathematik"
(Autorenkollektiv)
Bibliographisches Institut Leipzig 1986

/127/ "Der Computer als intelligentes Arbeitsmittel"
- Vortragsauszuege der gleichnamigen Konferenz vom 24.-26. September 1986 in Halle -
Martin-Luther-Universitaet Halle-Wittenberg 1986

/128/ "Das relationale Datenbanksystem REDABAS"
(U. Hempel, H. Loley)
Rechentechnik / Datenverarbeitung (RD) 11/1985

/129/ "REDABAS - Ein relationales Datenbankbetriebssystem aus dem VEB Kombinat Robotron fuer Buero- und Personalcomputer unter SCP"
(U. Hempel, H. Loley)
Neue Technik im Buero (NTB) 1/1986

/130/ "dBase-II - Anwenderhandbuch"
(W. Ratliff)
Verleger nicht angegeben

/131/ "Kalkulationsprogramm KP - ein Standardprogramm fuer 8-Bit-Buero- und Personalcomputer unter SCP"
(K. Bernstein, B. Reusmann)
Neue Technik im Buero (NTB) 5/1986

/132/ "Das Datenbanksystem dBASE-II"
(P. Albrecht)
Verlag Markt & Technik Muenchen 1983

/133/ "Einfuehrung in das Tableauprogramm"
(G. Wilde, J. Wieselmann, K. Schmidt)
Hochschule fuer Oekonomie "B. Leuschner" Berlin 1985

/134/ "Programmieren mit PASCAL"
(G. Paulin, H. Schiemangk)
Akademie-Verlag Berlin 1986

/135/ "Studien zum Einsatz von KP und dBASE-II fuer eine analytisch gestuetzte Entscheidungsfindung"
(J. Listemann, B. Aschmann)
- Manuskripte und Programm -
VEB Warnowwerft Warnemuende / Gruppe CAD/CAM 1987

/136/ "Rechnergestuetzte Problembearbeitung"
(J. Schlenzig)
Rechentechnik / Datenverarbeitung (RD) 7/1987

/137/ "MAIL - eine objektorientierte Sprache fuer PC, BC und ESER"
(B. Grams)
Rechentechnik / Datenverarbeitung (RD) 6/1987

/138/ "Application of expert systems in marine system design"
(S. Kristiansen)
- Uebersetzung -
Norwegian Institute of Technology, Division of Marine System Design Trondheim, Norway

/139/ "PROLOG - Einfuehrung in die Programmierpraxis"
(P. Schupp)
Carl-Hanser-Verlag Muenchen Wien 1986

/140/ "Kuenstliche Intelligenz und Expertensysteme"
(St.E. Savory)
- Forschungsbericht der Nixdorf Computer AG -
R.-Oldenbourg-Verlag Muenchen Wien 1985

/141/ "Logic in Computer Science"
- Bericht der gleichnamigen Tagung vom 16.-18. Juni 1986 in Cambridge, Massachusetts/USA -
IEEE Computer Society Press Washington, USA 1986

/142/ "Rueckgriff auf gespeicherte Erfahrung"
Flexible Automatisierung 2/87
Zentralinstitut fuer Information und Dokumentation (ZIID) Berlin 1987

/143/ "CAD/CAM - Schluesseltechnologie als Intensivierungsfaktor"
(Autorenkollektiv)
Verlag Die Wirtschaft Berlin 1987

/144/ "Variantenuntersuchungen zur qualitativen und quantitativen Erfassung von Komplexitaet und Kompliziertheit moderner Schiffsmaschinenanlagen und ihrer Trendentwicklung
(K.-R. Witte)
- Diplomarbeit -
Ingenieurhochschule fuer Seefahrt Warnemuende/Wustrow 1985

/145/ "AIDS - Advanced Interactive Design for Ships"
- Informationsschrift -
Italcantieri Trieste / Italia

/146/ "FORAN - an integrated computer aided system for ship design and production"
- Dokumentation -
SENER SISTEMAS MARINOS S.A. (SENERMAR) Madrid / Spain 1987

/147/ "SCHIFFKO - CAD/CAM-Software"
- Informationsschrift -
Schiffskonstruktion und -entwicklung GmbH Hamburg 1986

/148/ "AUTOKON - Information"
- Informationsschrift -
AUTOKON CIM SYSTEMS A.S. Oslo / Norway 1986

/149/ "BRITSHIPS - Uebersicht ueber die BMT-Anwendungssoftware fuer den Schiffbau und benachbarte maritime Bereiche"
- Dokumentation -
British Maritime Technology (BMT) Ltd. Wallsend / England 1985

/150/ "Strategische Konzeption zur Entwicklung und Einfuehrung der rechnergestuetzten Informationsverarbeitung, insbesondere CAD/CAM, im VEB Kombinat Schiffbau"
VEB Kombinat Schiffbau Rostock 1986

/151/ "Konzeption zur Entwicklung und Einfuehrung der rechnergestuetzten Informationsverarbeitung, insbesondere CAD/CAM, des VEB Warnowwerft fuer den Zeitraum 1986 - 1990"
VEB Warnowwerft Warnemuende 1987

/152/ "Methodische Grundlagen und Fachmodule fuer CAD-Schiffsmaschinenanlagen"
- Pflichtenheft -
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1987

/153/ "Programmieren mit Logik: PROLOG"
(B. I. Dahn)
Wissenschaft und Fortschritt 9/1987

/154/ "Schema der Kraftstoffleitungen Schiffstyp "SATURN"
Zchng.-Nr. 181-00.741.00.10-01
VEB Warnowwerft Warnemuende / EKR 1985

/155/ "FORAN - Ein integriertes rechnergestuetztes System fuer Schiffsentwurf und -fertigung"
Schiffstechnik international vom 15.09.1987
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/156/ "Logische Programmierung - PROLOG"
(P. Forbrig, U. Laemmel)
- Lehrmaterial -
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1987

/157/ "Elektronische Automatisierungssysteme"
- Vortragsauszuege der 10. WTK der WGMA vom 28.-29. Oktober 1987 in Rostock-Warnemuende -
Kammer der Technik, WGMA Berlin 1987

/158/ "Zum Verhaeltnis von kuenstlicher Intelligenz und Automatisierung"
(H. Fuchs)
Messen Steuern Regeln (MSR) 10/1987

/159/ "Wissensbasierte Systeme - Teil 1: Einfuehrung und Ueberblick"
(J. Lunze)
Messen Steuern Regeln (MSR) 10/1987

/160/ "Expertensysteme als integraler Bestandteil mikroprozessorgestuetzter Prozessleittechnik"
(B. Boehme, D. Balzer)
Messen Steuern Regeln (MSR) 10/1987

/161/ "CAD/CAM-Einsatz ermoeglicht Blohm + Voss eine rationellere Konstruktion von Stahlschiffsruempfen"
(U. Bauernfeind)
Schiff & Hafen / Kommandobruecke 11/1984

/162/ "CAD/CAM-System von Schiffko fuer BRD-Werften"
Schiffstechnik international vom 23.05.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/163/ "Skandinavische CAD/CAM-Systeme fuer Werften in Kannada, Finnland und Nordirland"
Schiffstechnik international vom 06.11.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/164/ "Pionieering CAD/CAM application"
The Naval Architect 3/1984

/165/ "A package foe every budget - A selection of hardware and software developments in 1983"
The Naval Architect 1/1984

/166/ "CAD/CAM key to U.S. shipyard revitalization ?"
Marine Engineering / Log 10/1983

/167/ "Mit Rechnerunterstuetzung vom Konstruktionsmodell zur Rohrleitungsisometrie"
(W. Thomsen)
Schiff & Hafen / Kommandobruecke 2/1984

/168/ "Conversions by computer-aided design"
(D. W. Cowley)
Marine Engineering Review (MER) 10/1985

/169/ "CAD/CAM-Zeichensysteme fuer die Hochschule in Delft/Holland"
Schiffstechnik international vom 21.01.1985
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/170/ "Computer aided design of marine piping systems"
(Gao Hui-xing, Peng Zhong-lin, Zou Hong-jun, Liang You-dong)
Shanghai Shipbuilding Technology Research Institute

/171/ "Rechnergestuetztes Konstruieren"
(H. Aurich, L. Franz, S. Schoenfeld)
VEB Fachbuchverlag Leipzig 1984

/172/ "Computer aided design in marine engineering"
(J. R. Williams)
Marine Engineering Review (MER) 9/1984

/173/ "Computer-aided piping design and engineering system"
(Ishikawajima-Haima Heavy Industries Co. Ltd.)
IHI Bulletin 3/1974

/174/ "The AUTOFIT CAD/CAM system for piping engineering - Operational experience and development status"
(F. R. Dale)
Schiff & Hafen / Kommandobruecke 9/1981

/175/ "Shipshape: Ein neues rechnergestuetztes Schiffsentwurfssystem aus Norwegen"
(O. Lind, E. Bakke, W. Reinertsen)
Schiffstechnik international vom 07.01.1985
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/176/ "Rechnergestuetztes Entwurfssystem (CAD) fuer die schiffsmaschinenbauliche Ausruestung"
(W. F. Beck, D. E. Gilbert)
Schiffstechnik international vom 15.08.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/177/ "SRS praesentiert AUTOKON"
Schiff & Hafen / Kommandobruecke 4/1981

/178/ "Zur Weiterentwicklung und Anwendung rechnergestuetzter Optimierungsverfahren"
(M. Graeber)
Schiffbauforschung 4/1982
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock

/179/ "Optimierungssoftware fuer das KRS 4201"
(P. Hoffmann)
Wissenschaftliche Beitraege 1/1981
Ingenieurhochschule fuer Seefahrt Warnemuende/Wustrow

/180/ "Optimierung mit DISKO-2"
(W. Rohland, R. Schulze, G. Wildenhain)
Rechnentechnik / Datenverarbeitung (RD) 12/1983

/181/ "Beratungssystem GLUCON"
(J. Wernstedt)
Wissenschaft und Fortschritt 6/1986

/182/ "Struktur technologischer Expertensysteme"
(H. Weber, H. Duerr, A. Wauer, J. Steinmueller)
Fertigungstechnik und Betrieb 5/1987

/183/ "Databases in relatin to welding processes"
(J. Triouleyre, J. L. Grand)
Proc. 1st. Int. Conf. Comp. Techn. 3.-5.6.86

/184/ "Research in welding expert systems at Southampton University"
(E. A. Ribeiro, J. D. Turner, R. A. Farrar)
Proc. 1st. Int. Conf. Comp. Techn. 3.-5.6.86

/185/ "The application of knowledge based systems in welding"
(E. B. James, R. G. Baker)
Proc. 1st. Int. Conf. Comp. Techn. 3.-5.6.86

/186/ "Einsatz von CAD/CAM bei H&W (Harland & Wolff)"
Schiffstechnik international vom 21.01.1986
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/187/ "Die Anwendung des CAD-Systems SCHIFFKO auf der Boelwerft"
Schiffstechnik international vom 01.02.1987
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/188/ "Die Integration von CAD/CAM-Systemen auf den Weften von Waertsilae"
Schiffstechnik international vom 30.05.1986
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/189/ "Modernes Entwurfssystem COSMOS fuer den Stahlschiffskoerper"
Schiffstechnik international vom 17.02.1987
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/190/ "Hoeheren Integrationsgrad der rechnergestuetzten Systeme in der Werft verwirklichen !"
Schiffstechnik international vom 12.06.1986
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/191/ "Rechnergestuetztes Entwurfssystem (CAD) fuer die schiffsmaschinenbauliche Ausruestung"
Schiffstechnik international vom 15.08.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/192/ "CASA - Ein rechnergestuetztes Entwurfssystem (CAD) fuer die Schiffseinrichtung"
Schiffstechnik international vom 05.09.1984
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/193/ "SHIPSHAPE: Ein neues rechnergestuetztes Schiffsentwurfssystem aus Norwegen"
Schiffstechnik international vom 07.01.1985
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/194/ "Ein rechnergestuetztes Verfahren fuer den Vorentwurf von Schiffen"
Schiffstechnik international vom 02.01.1987
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/195/ "Eine Uebersicht ueber die rechnergestuetzte Projektierung und Fertigung von Schiffsrohrleitungen"
Schiffstechnik international vom 25.02.1985
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/196/ "Expertensystem hilft beim Schweissen"
Schiffstechnik international vom 17.09.1986
VEB Kombinat Schiffbau Rostock

/197/ "Kuenstliche Intelligenz und Computergenerationen der Zukunft"
(A. Jugel)
- Beitraege zur Microcomputertechnik -
VEB Verlag Technik Berlin 1986

/198/ "Expertensysteme in der 4. und 5. Rechnergeneration"
(H. Boettger)
- Beitraege zur Microcomputertechnik -
VEB Verlag Technik Berlin 1986

/199/ "Hoehere Programmiersprachen fuer Mikrorechner"
(K. Stegemann)
- Beitraege zur Microcomputertechnik -
VEB Verlag Technik Berlin 1986

/200/ "Wissensbasierte Systeme - Teil 2 : Einsatzmoeglichkeiten in der Automatisierungstechnik"
(J. Lunze)
Messen Steuern Regeln (MSR) 11/1987

/201/ "Entwicklung von technologischen Expertensystemen mit PROLOG"
(H. Weber, H. Duerr, J. Steinmueller)
Rechentechnik / Datenverarbeitung (RD) 9/1987

/202/ "Datenbanksysteme - Aufbau und Einsatz"
(J. Niedereichholz)
Physica-Verlag Wuerzburg Wien 1981

/203/ "Informationsstrukturierung in Datenbanksystemen"
(G. Mueller)
R. Oldenbourg Verlag Muenchen Wien 1978

/204/ "Einfuehrung in die Datenbanktechnik"
(J. Martin)
Carl-Hanser-Verlag Muenchen Wien 1981

/205/ "Sprachbeschreibung micro-PROLOG"
(Ch. Horn, U. Konzack)
EDV-Aspekte 4/1987

/206/ "Programmieren in PROLOG - Eine Einfuehrung"
(R. Knauf, H. Killenberg)
Mikroprozessortechnik (MP) 11/1987

/207/ "Probleme der logischen Programmierung"
(J. Grabowski)
EDV-Aspekte 4/1987

/208/ "TRC: tránslate rules to C - Eine Einfuehrung"
(A. Stenzel)
EDV-Aspekte 4/1987

/209/ "Das System MPROLOG"
(T. Langer, K. Bothe)
EDV-Aspekte 4/1987

/210/ "Untersuchung der Anwendungsmoeglichkeit von micro-PROLOG zur Abspeicherung ausgewaehlter Daten"
(J. Hoppe)
- Ingenieurbeleg -
Wilhelm-Pieck-Universitaet Rostock 1988

/211/ "Richtlinie fuer die Anwendung von Betriebssystemen, universellen Programmiersprachen und Datenbanksoftware in der DDR"
- Dokumentation -
VEB ROBOTRON-Projekt Dresden 1988

/212/ "Konzeption zur Entwicklung und Einfuehrung der rechnergestuetzten Informationsverarbeitung, insbesondere CAD/CAM, im VEB Warnowwerft Warnemuende fuer den Zeitraum 1988 - 1990"
VEB Warnowwerft Warnemuende 1988

/213/ "Kleines Fremdwoerterbuch"
(G. Gurst, H. Kuestner, R. Schroeter)
VEB Bibliographisches Institut Leipzig 1981

/214/ "Irren ist menschlich - Psychologie der Alltagsfehler"
(P. Quaas)
Wissenschaft und Fortschritt 9/1988

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung	Titel	Seite
2/1	Konzept eines Expertensystems fuer CAD	12
2/2	Beratungssystem, bestehend aus voneinander unabhaengigen Experten- und analytischen Bewertungssystemen	13
2/3	Beratungssystem mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, aber getrennten Problemloesungskomponenten und Datenbasen	14
2/4	Beratungssystem mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, einheitlicher Wissensbasis und getrennten Problemloesungskomponenten	15
3/1	Allgemeiner Wissensverarbeitungsmechanismus	21
4/1	Konzept eines analytischen Bewertungssystems fuer CAD	25
4/2	Hierarchische Datenbankstruktur	27
4/3	Netzwerkstruktur	28
4/4	Arbeitsweise eines Mechanismus fuer den Variantenvergleich auf Basis gleicher Groessen	29
5/1	Bestimmung der Leistungsparameter der Kraftstoffaufbereitungsanlage aus Angaben der Motorenhersteller	35
5/2	Formgebung und Stellplatz-/Raumbedarf	40
5/3	Prozentuale Aufteilung des Projektierungs- und Konstruktionsaufwandes fuer Frachtschiffe in den Fachabteilungen der Erzeugnisentwicklung	49
5/4	Die Einheit von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie	55
6/1	Synthese von hierarchischer und relationaler Struktur durch Einbindung gleichartiger Listen	67
6/2	Prinzip der einmaligen Verwaltung von Fakten, Daten, Regeln und Algorithmen, zu denen mehrfache Beziehungen bestehen	69
6/3	Prinzip der mehrfachen Beziehungen von einmalig verwalteten Fakten, Daten, Regeln und Algorithmen	69
6/4	Einbindung des Variantenvergleichs auf Basis gleicher Groessen in den Entwurfsprozess	79

6/5 Prinzipieller Aufbau einer Bildschirmmaske fuer ein Beratungssystem 85

6/6 Entwurf eines strukturierten Menues fuer ein Beratungssystem 86

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle	Titel	Seite
1'1	Komponenten der gegenwaertig international bekanntesten rechnergestuetzten Schiffsentwurfssysteme	8
2'1	Vor- und Nachteile eines Beratungssystems, bestehend aus voneinander unabhaengigen Experten- und analytischen Bewertungssystemen	12
2'2	Vor- und Nachteile eines Beratungssystems mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, aber getrennten Problemloesungskomponenten und Datenbasen	13
2'3	Vor- und Nachteile eines Beratungssystems mit gemeinsamer Benutzerschnittstelle, einheitlicher Wissensbasis und getrennten Problemloesungskomponenten	14
3'1	Eine Auswahl von Expertensystemen	23
5'1	Anforderungen der Motorenhersteller an die Kraftstoffversorgung	34
5'2	Physische und psychische Beanspruchungen und Belastungen	37
5'3	Empfohlene technische Parameter zur Ermittlung des Konstruktionsaufwandes fuer eine Kraftstoffaufbereitungsanlage	51
5'4	Funktionelle Beziehungen ausgewaehlter Schiffsmaschinensysteme	59
6'1	Bewertung der Elemente einer Kraftstoffaufbereitungsanlage	78

Verzeichnis der Beispiele

Beispiel	Titel	Seite
3-1	Praedikatenlogische Ausdruecke	18
3-2	Attribute, die wiederum die Funktion eines Praedikates uebernehmen	18
3-3	Gerichteter Graph	19
3-4	Pfad	19
3-5	Regelorientierte Wissensdarstellung	19
3-6	Semantisches Netz	20
3-7	Frame (Rahmen)	20
4-1	Relationale Datenbankstruktur	26
6-1	Relationale Strukturierung fuer ausgewaehlte Fakten zu einer Schiffsmaschinenanlage	64
6-2	Hierarchische Strukturierung fuer ausgewaehlte Fakten zu einer Schiffsmaschinenanlage	65
6-3	Implementation von Regeln unter Nutzung der Zeigerfunktion ausgewaehlter Attribute	70
6-4	Algorithmus zur Berechnung der Grundflaeche	71
6-5	Dialoggefuehrte Ermittlung von Fakten in der Wissensbasis eines Beratungssystems	72
6-6	Einfaches Beispiel fuer die Arbeitsweise des Inferenzmechanismus beim Schlussfolgern	75
6-7	Hilfsinformationen und deren Zuordnung	88

Verzeichnis der Anlagen

Anlage	Titel
1/1	Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung der Stellflaeche
1/2	Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung des Volumens
1/3	Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung der Masse
1/4	Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung des Energiebedarfs
1/5	Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Erhoehung der Kompaktheit
1/6	Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung der Anschluss-Stellen
2/1	Struktur der Wissensbasis fuer Schiffsmaschinenanlagen (Frame "ANLAGEN")
2/2	Struktur der Wissensbasis fuer Schiffsmaschinenanlagen (Frame "ELEMENTE")
3/1	Komplexitaet einer konkreten Kraftstoffaufbereitungs-anlage
3/2	Kompliziertheit einer konkreten Kraftstoffaufberei-tungsanlage
4	Beispiel Variantenvergleich auf Basis gleicher Groes-sen

Anlage 1/1: Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung der Stellflaeche

Optimierungsziel	1.	Reduzierung der Stellflaeche
Optimierungskriterium		Grundflaeche A
Optimierungsfolgen		
funktionelle:	1.1.	verbesserte Zugaenglichkeit
Vorteile	1.1.1.	
Nachteile	1.1.2.	
konstruktive:	1.2.	Moeglichkeiten der Maschinenraumverkleinerung und Laderaumvergroesserung
Vorteile	1.2.1.	
Nachteile	1.2.2.	
technologische:	1.3.	verbesserte Transportfaehigkeiten und Zugaenglichkeiten bei Montage- bzw. Reparaturarbeiten
Vorteile	1.3.1.	
Nachteile	1.3.2.	
oekonomische:	1.4.	erhoehte Laderaumkapazitaet unter den Bedingungen 1.2.1.
Vorteile	1.4.1.	
Nachteile	1.4.2.	

Anlage 1/2: Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung des Volumens

Optimierungsziel	2.	Reduzierung des Volumens
Optimierungskriterium		Volumen V = A * H
Optimierungsfolgen		
funktionelle:	2.1.	verbesserte Zugaenglichkeit
Vorteile	2.1.1.	
Nachteile	2.1.2.	
konstruktive:	2.2.	Moeglichkeiten der Maschinenraumverkleinerung und Laderaumvergroesserung
Vorteile	2.2.1.	
Nachteile	2.2.2.	
technologische:	2.3.	verbesserte Transportfaehigkeiten und Zugaenglichkeiten bei Montage- bzw. Reparaturarbeiten
Vorteile	2.3.1.	
Nachteile	2.3.2.	
oekonomische:	2.4.	erhoehte Laderaumkapazitaet unter den Bedingungen 2.2.1.
Vorteile	2.4.1.	
Nachteile	2.4.2.	

Anlage 1/3: Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung der Masse

Optimierungsziel	3.	Reduzierung der Masse
Optimierungskriterium		Masse m
Optimierungsfolgen		
funktionelle:	3.1.	Erhoehung der Tragfaehigkeit; Verbesserung der Stabilitaetsbedingungen
Vorteile	3.1.1.	
Nachteile	3.1.2.	
konstruktive:	3.2.	Verbesserung des Masse-Leistungs-Verhaeltnisses
Vorteile	3.2.1.	
Nachteile	3.2.2.	
technologische:	3.3.	Reduzierung des Transportaufwandes bei Montage- und Reparaturprozessen
Vorteile	3.3.1.	
Nachteile	3.3.2.	
oekonomische:	3.4.	Erhoehung der Transportkapazitaet (Lademasse) unter den Bedingungen 3.1.1.; Senkung der Materialkosten
Vorteile	3.4.1.	
Nachteile	3.4.2.	

Anlage 1/4: Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung des Energiebedarfes

Optimierungsziel	4.	Reduzierung Energiebedarf
Optimierungskriterium		Leistung P_{zu}
Optimierungsfolgen		
funktionelle:	4.1.	Erhoehung des Aktionsradius durch geringeren spezifischen
Vorteile	4.1.1.	Kraftstoffbedarf
Nachteile	4.1.2.	
konstruktive:	4.2.	Verkleinerung der Energieanlagen (E-Energie, Dampf);
Vorteile	4.2.1.	Verkleinerung der Brennstofftanks bei gleichbleibendem Aktionsradius und Vergroesserung des Laderaumvolumens
Nachteile	4.2.2.	
technologische:	4.3.	
Vorteile	4.3.1.	
Nachteile	4.3.2.	
oekonomische:	4.4.	Reduzierung der Kraftstoffkosten und Erhoehung der Tran-
Vorteile	4.4.1.	sporteffektivitaet durch vergroesserten Transportraum
Nachteile	4.4.2.	

Anlage 1/5: Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Erhoehung der Kompaktheit

Optimierungsziel	5.	Erhoehung Kompaktheit
Optimierungskriterium		<Kompaktheit> K' 1)
Optimierungsfolgen		
funktionelle:	5.1.	Zentralisation von Funktionseinheiten und damit verbesserte Bedien- und Kontrollbedingungen
Vorteile	5.1.1.	
Nachteile	5.1.2.	
konstruktive:	5.2.	gegebenenfalls geringerer Stellplatz- und Raumbedarf,
Vorteile	5.2.1.	geringere Eigenmasse (siehe 1.,2. und 3.)
Nachteile	5.2.2.	gegebenenfalls schlechtere Zugaenglichkeit bei Wartungs- und Reparaturarbeiten
technologische:	5.3.	Reduzierung des Transport- und Montageaufwandes bei kompletter Anlagenmontage bzw. -demontage
Vorteile	5.3.1.	
Nachteile	5.3.2.	Erhoehung des Montage- und Transportaufwandes bei Arbeiten an Anlagenelementen
oekonomische:	5.4.	wie unter 1.4.1., 2.4.1. und 3.4.1.
Vorteile	5.4.1.	
Nachteile	5.4.2.	

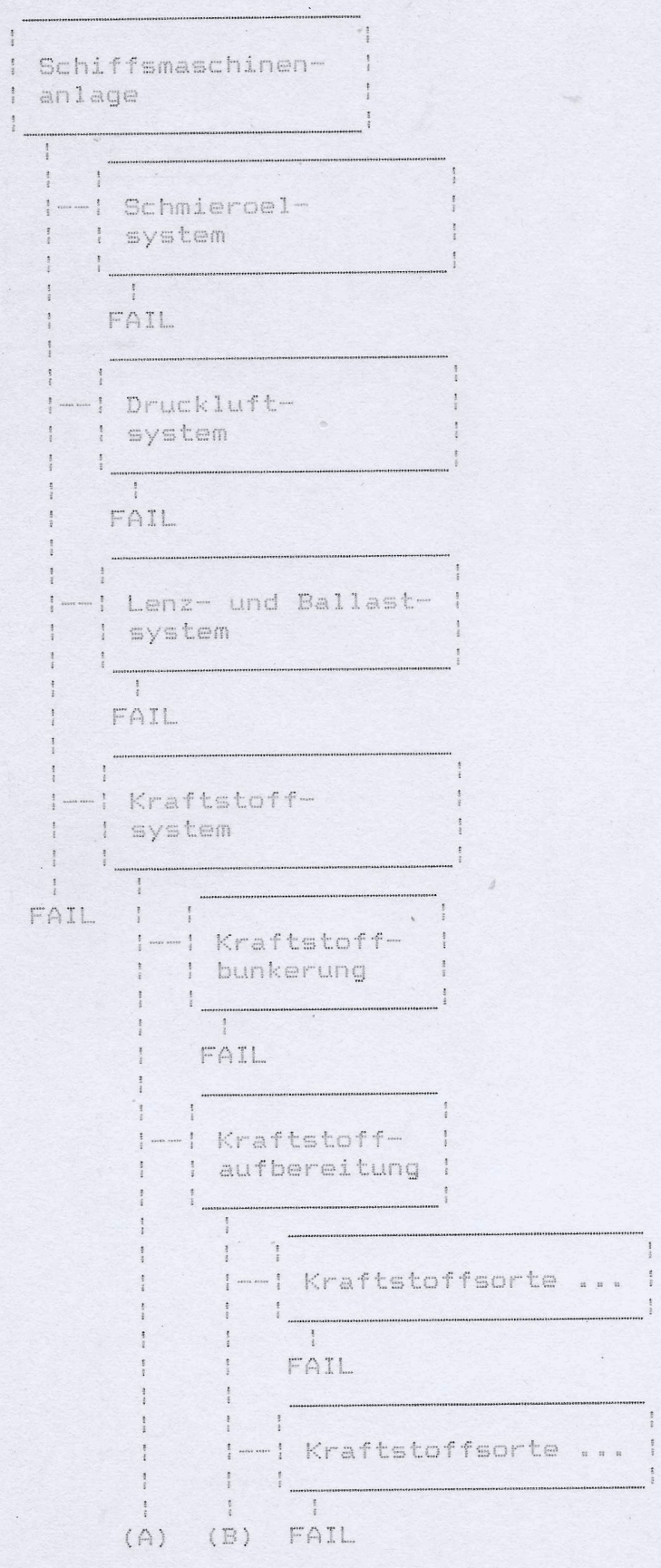
1) <Kompaktheit> = Anzahl der eigenstaendigen Baugruppen BGR' / Funktionseinheit FE'

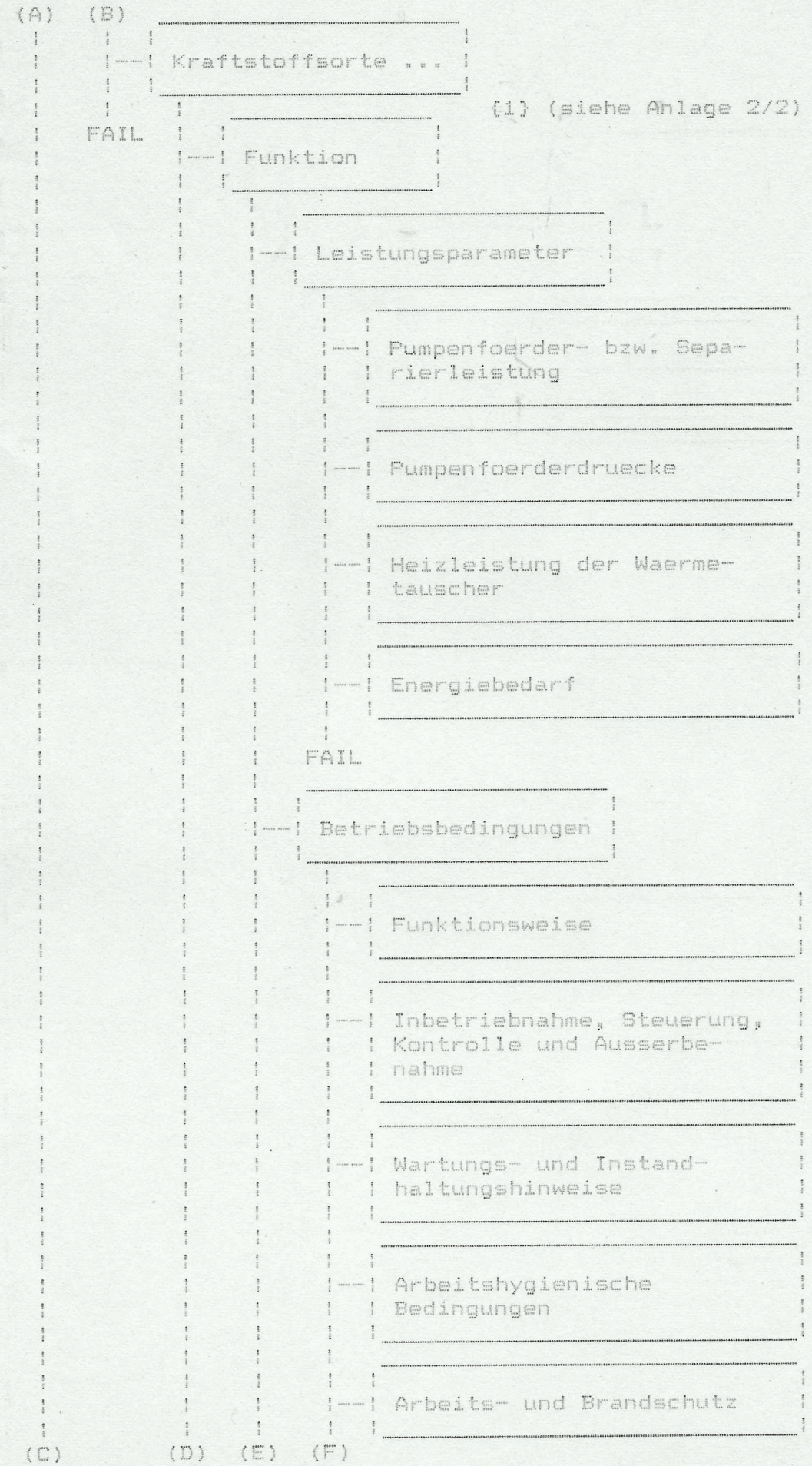
Anlage 1/6: Verflechtung von Funktion, Konstruktion, Technologie und Oekonomie bei der Reduzierung der Anschluss-Stellen

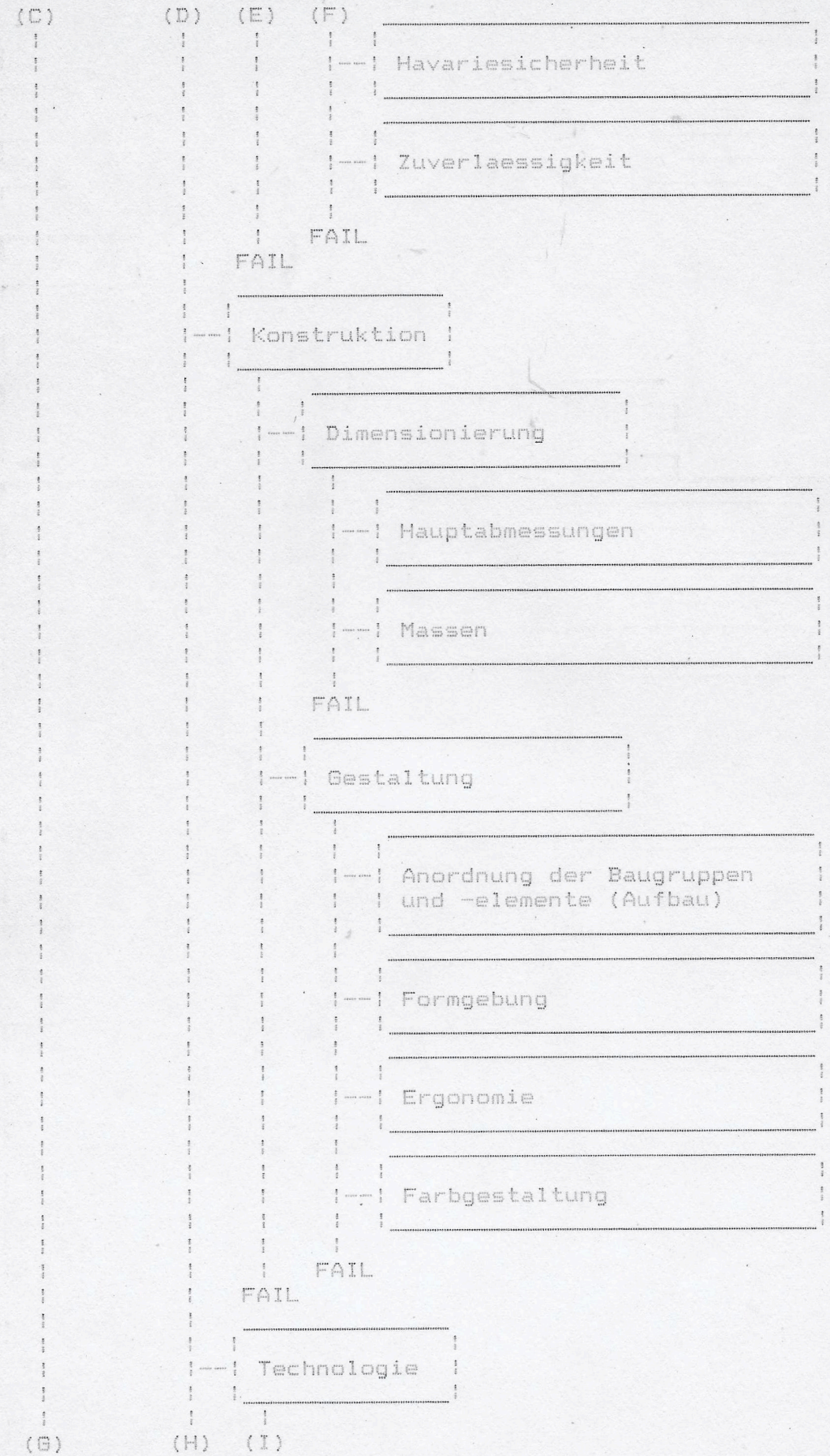
Optimierungsziel	6.	Reduzierung Anschluss-Stellen
Optimierungskriterium		<Anschlussfaktor> A' 2)
Optimierungsfolgen		
funktionelle:	6.1.	Verbesserung der Uebersichtlichkeit bei Kontrollprozessen im Anlagenbetrieb
Vorteile	6.1.1.	
Nachteile	6.1.2.	
konstruktive:	6.2.	Reduzierung der Anschlusselemente
Vorteile	6.2.1.	
Nachteile	6.2.2.	
technologische:	6.3.	Reduzierung des Aufwandes bei Montage- und Reparaturarbeiten (Anschlussarbeiten)
Vorteile	6.3.1.	
Nachteile	6.3.2.	
oekonomische:	6.4.	Senkung der Montagekosten unter den Bedingungen 6.3.1.
Vorteile	6.4.1.	
Nachteile	6.4.2.	

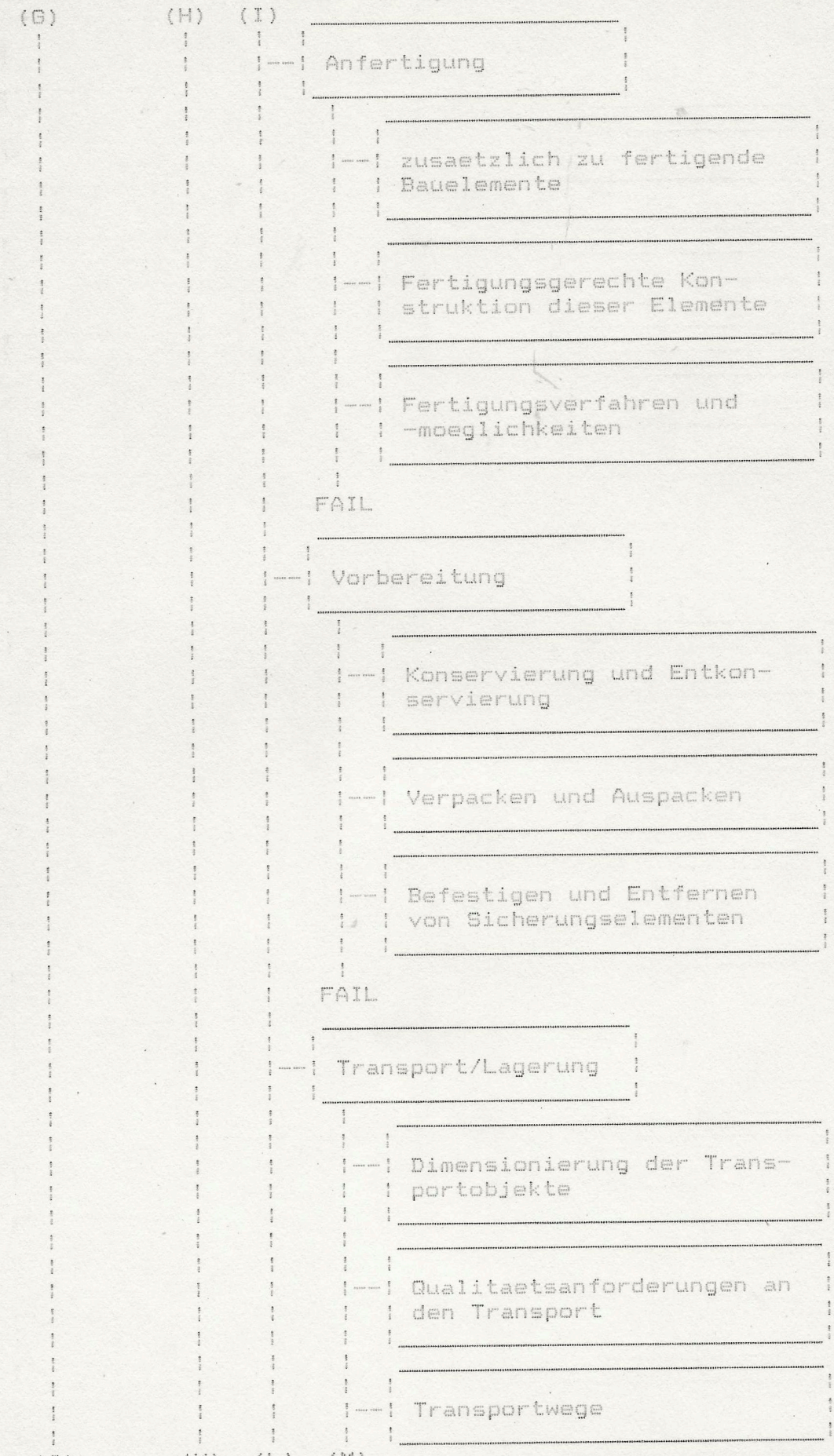
2) $\text{<Anschlussfaktor>} = \frac{\text{Anzahl der Anschluss-Stellen AST'}}{\text{Funktionseinheit FE'}}$

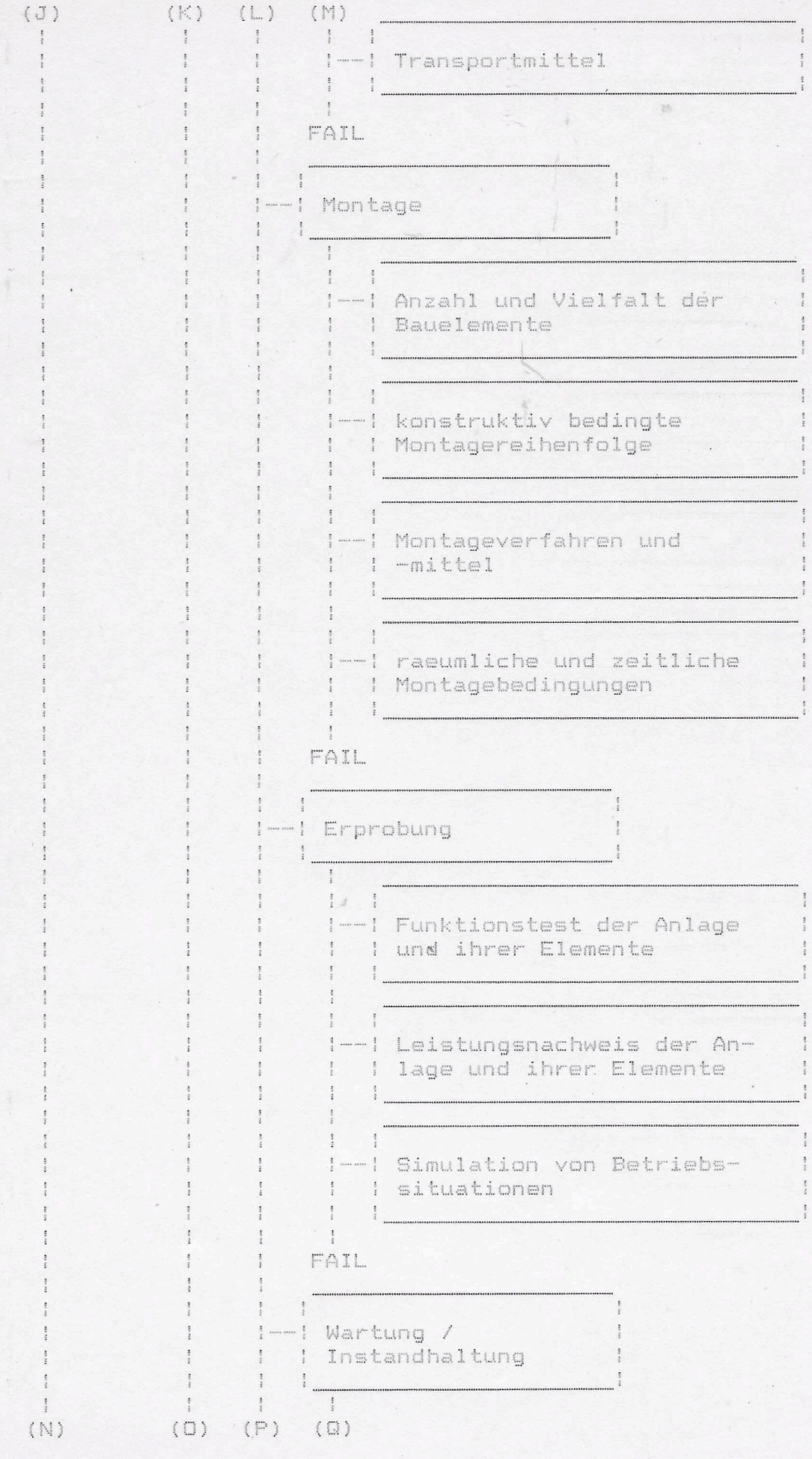
Anlage 2/1: Struktur der Wissensbasis fuer
Schiffsmaschinenanlagen
(Frame "ANLAGEN")

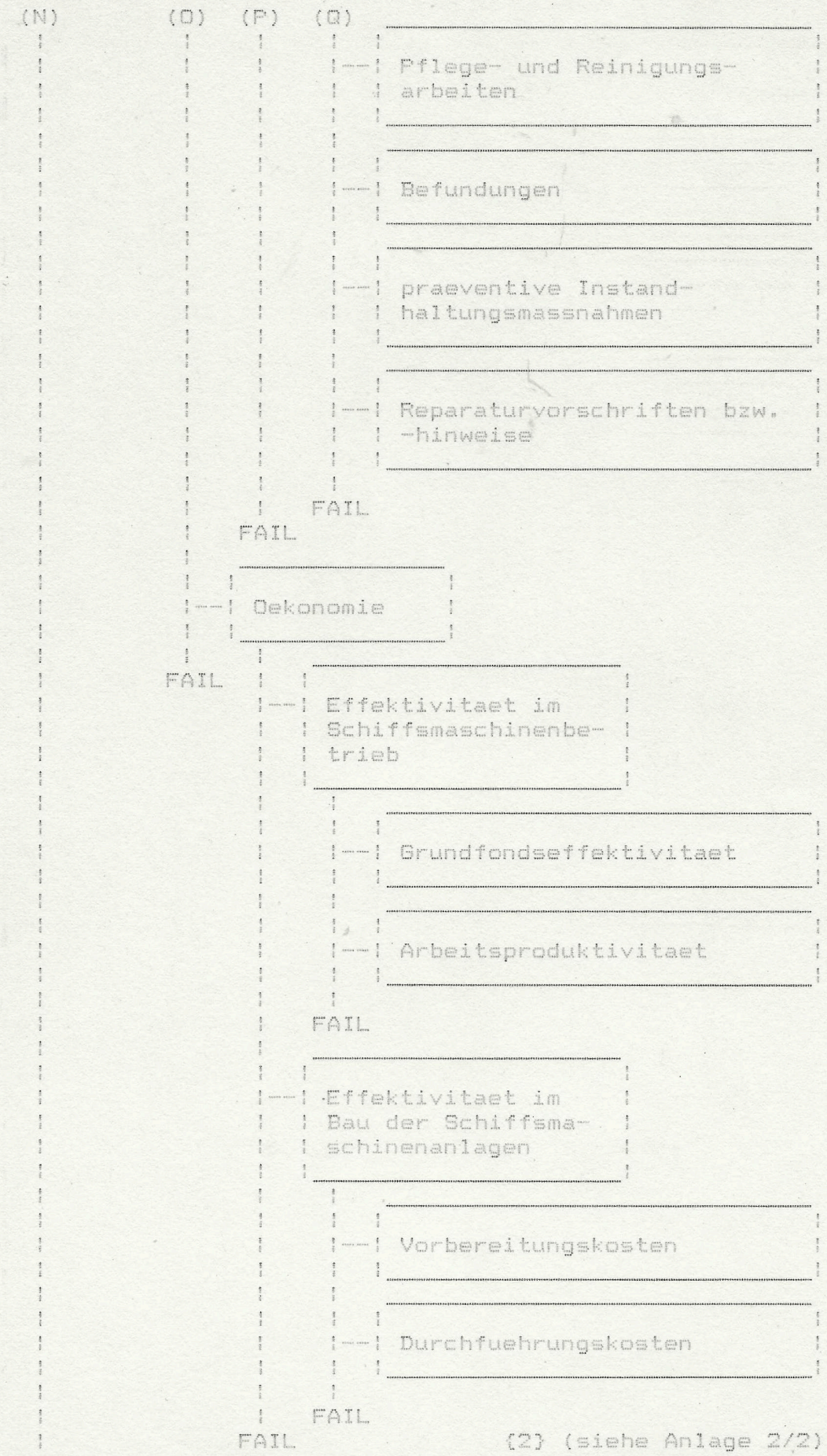


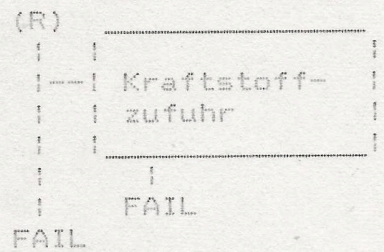

(A)
(B)
Kraftstoffsorte ...
(1) (siehe Anlage 2/2)
FAIL
Funktion
Leistungsparameter
Pumpenfoerder- bzw. Sepa-
rierleistung
Pumpenfoerderdruecke
Heizleistung der Waerme-
tauscher
Energiebedarf
FAIL
Betriebsbedingungen
Funktionsweise
Inbetriebnahme, Steuerung,
Kontrolle und Ausserbe-
nahme
Wartungs- und Instand-
haltungshinweise
Arbeitshygienische
Bedingungen
Arbeits- und Brandschutz
(C)
(D)
(E)
(F)


(C)
(D)
(E)
(F)
Havariesicherheit
Zuverlaessigkeit
FAIL
FAIL
Konstruktion
Dimensionierung
Hauptabmessungen
Massen
FAIL
Gestaltung
Anordnung der Baugruppen
und -elemente (Aufbau)
Formgebung
Ergonomie
Farbgestaltung
FAIL
FAIL
Technologie
(G)
(H)
(I)

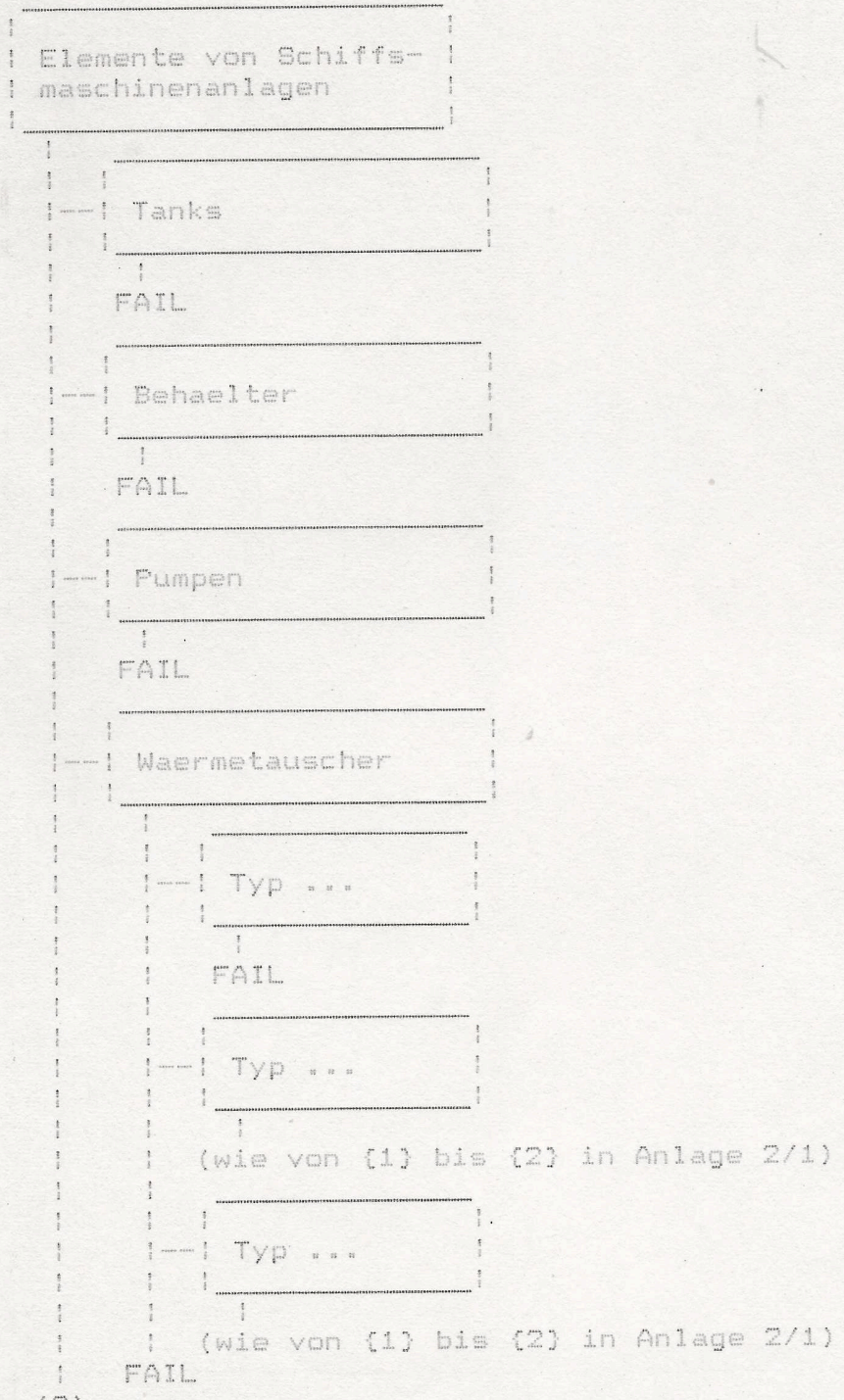

(G)
(H)
(I)
Anfertigung
zusaetzlich zu fertigende Bauelemente
Fertigungsgerechte Konstruktion dieser Elemente
Fertigungsverfahren und -moeglichkeiten
FAIL
Vorbereitung
Konservierung und Entkonservierung
Verpacken und Auspacken
Befestigen und Entfernen von Sicherungselementen
FAIL
Transport/Lagerung
Dimensionierung der Transportobjekte
Qualitaetsanforderungen an den Transport
Transportwege
(J)
(K)
(L)
(M)

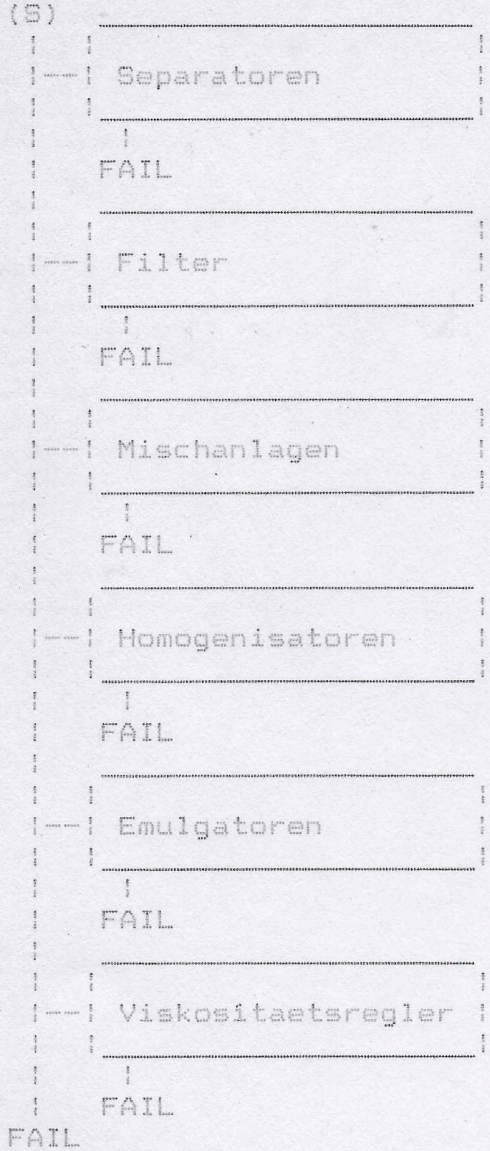

(J)
(K)
(L)
(M)
Transportmittel
FAIL
Montage
Anzahl und Vielfalt der Bauelemente
konstruktiv bedingte Montagereihenfolge
Montageverfahren und -mittel
raeumliche und zeitliche Montagebedingungen
FAIL
Erprobung
Funktionstest der Anlage und ihrer Elemente
Leistungsnachweis der Anlage und ihrer Elemente
Simulation von Betriebssituationen
FAIL
Wartung / Instandhaltung
(N)
(O)
(P)
(Q)


(N)
(O)
(P)
(Q)
Pflege- und Reinigungs-arbeiten
Befundungen
praeventive Instand-haltungsmassnahmen
Reparaturvorschriften bzw. -hinweise
FAIL
FAIL
Oekonomie
FAIL
Effektivitaet im Schiffsmaschinenbe-trieb
Grundfondseffektivitaet
Arbeitsproduktivitaet
FAIL
Effektivitaet im Bau der Schiffsma-schinenanlagen
Vorbereitungskosten
Durchfuehrungskosten
FAIL
FAIL
(2) (siehe Anlage 2/2)
(R)



Anlage 2/2: Struktur der Wissensbasis fuer
Schiffsmaschinenanlagen
(Frame "ELEMENTE")




(5)
Separatoren
FAIL
Filter
FAIL
Mischanlagen
FAIL
Homogenisatoren
FAIL
Emulgatoren
FAIL
Viskositaetsregler
FAIL
FAIL

Anlage 3/1: Komplexitaet einer konkreten Kraft-
stoffaufbereitungsanlage (/154/)

Regel Nr.	Regel (dem Element ... folgt Element ...)			Kopplungen K_i	Kopplungen K_a
R-001	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.1	X	
R-002	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.2	X	
R-003	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.3	X	
R-004	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.4	X	
R-005	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.5	X	
R-006	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.6	X	
R-007	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.7	X	
R-008	Uebernahmestutzen	==>	Tank 0.8	X	
R-009	Tank 0.1	==>	Pos. 96/2	X	
R-010	Tank 0.2	==>	Pos. 96/2	X	
R-011	Tank 0.3	==>	Pos. 96/2	X	
R-012	Tank 0.4	==>	Pos. 96/2	X	
R-013	Tank 0.5	==>	Pos. 96/2	X	
R-014	Tank 0.6	==>	Pos. 96/2	X	
R-015	Tank 0.7	==>	Pos. 96/2	X	
R-016	Tank 0.8	==>	Pos. 96/2	X	
R-017	Tank 0.1	==>	Pos. 96/1	X	
R-018	Tank 0.2	==>	Pos. 96/1	X	
R-029	Tank 0.3	==>	Pos. 96/1	X	
R-020	Tank 0.4	==>	Pos. 96/1	X	
R-021	Tank 0.5	==>	Pos. 96/1	X	
R-022	Tank 0.6	==>	Pos. 96/1	X	
R-023	Tank 0.7	==>	Pos. 96/1	X	
R-024	Tank 0.8	==>	Pos. 96/1	X	
R-025	Tankheizung	==>	Tank 0.1		X
R-026	Tankheizung	==>	Tank 0.2		X
R-027	Tankheizung	==>	Tank 0.3		X
R-028	Tankheizung	==>	Tank 0.4		X
R-029	Tankheizung	==>	Tank 0.5		X
R-030	Tankheizung	==>	Tank 0.6		X
R-031	Tankheizung	==>	Tank 0.7		X
R-032	Tankheizung	==>	Tank 0.8		X
R-033	Pos. 96/2	==>	Tank 0.11	X	
R-034	Pos. 96/2	==>	Tank 0.12	X	
R-035	Pos. 96/2	==>	Leckoelltg.	X	
R-036	Pos. 96/1	==>	Tank 0.11	X	
R-037	Pos. 96/1	==>	Tank 0.12	X	
R-038	Pos. 96/1	==>	Leckoelltg.	X	
R-039	Tank 0.11	==>	Pos. 101/1	X	
R-040	Tank 0.11	==>	Pos. 101/2	X	
R-041	Tank 0.11	==>	Ueberlauf	X	
R-042	Tank 0.11	==>	Entlueftung	X	
R-043	Tank 0.11	==>	Dampfventil		X
R-044	Tank 0.11	==>	Leckoelltg.	X	
R-045	Tank 0.11	==>	Ueberlauft.	X	
R-046	Heizung	==>	Tank 0.11		X
R-047	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 0.11		X
R-048	Tank 0.12	==>	Pos. 101/1	X	
R-049	Tank 0.12	==>	Pos. 101/2	X	
R-050	Tank 0.12	==>	Ueberlauf	X	
R-051	Tank 0.12	==>	Entlueftung	X	
R-052	Tank 0.12	==>	Dampfventil		X
R-053	Tank 0.12	==>	Leckoelltg.	X	

R-054	Tank 0.12	==>	Ueberlauftk.	X		
R-055	Heizung	==>	Tank 0.12			X
R-056	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 0.12			X
R-057	Pos. 101/1	==>	Pos. 107/1	X		
R-058	Pos. 101/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-059	Pos. 101/2	==>	Pos. 107/2	X		
R-060	Pos. 101/2	==>	Leckoelltg.	X		
R-061	Pos. 107/1	==>	Pos. 99/1	X		
R-062	Pos. 107/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-063	Heizung	==>	Pos. 107/1			X
R-064	Pos. 107/2	==>	Pos. 99/2	X		
R-065	Pos. 107/2	==>	Leckoelltg.	X		
R-066	Heizung	==>	Pos. 107/2			X
R-067	Pos. 99/1	==>	Tank 2.8	X		
R-068	Pos. 99/1	==>	Tank 0.10	X		
R-069	Pos. 99/1	==>	Schlammtank	X		
R-070	Pos. 99/2	==>	Tank 2.8	X		
R-071	Pos. 99/2	==>	Tank 0.10	X		
R-072	Pos. 99/2	==>	Schlammtank	X		
R-073	Tank 0.10	==>	Pos. 97/1	X		
R-074	Tank 0.10	==>	Pos. 97/2	X		
R-075	Tank 0.10	==>	Tank 0.11	X		
R-076	Tank 0.10	==>	Tank 0.11	X		
R-077	Tank 0.10	==>	Ueberlauf	X		
R-078	Tank 0.10	==>	Dampfventil			X
R-079	Tank 0.10	==>	Ueberlauftk.	X		
R-080	Tank 0.10	==>	Kesselanlage	X		
R-081	Heizung	==>	Tank 0.10			X
R-082	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 0.10			X
R-083	Pos. 97/1	==>	Pos. 117	X		
R-084	Pos. 97/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-085	Pos. 97/2	==>	Pos. 117	X		
R-086	Pos. 97/2	==>	Leckoelltg.	X		
R-087	Pos. 117	==>	Pos. 124/1	X		
R-088	Pos. 117	==>	Pos. 124/2	X		
R-089	Pos. 117	==>	Leckoelltg.	X		
R-090	Pos. 117	==>	Ueberlauftk.	X		
R-091	Heizung	==>	Pos. 117			X
R-092	Pos. 124/1	==>	Pos. 110/1	X		
R-093	Pos. 124/1	==>	Pos. 110/2	X		
R-094	Pos. 124/1	==>	Pos. 110/3	X		
R-095	Pos. 124/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-096	Pos. 124/1	==>	Pos. 110/1	X		
R-097	Pos. 124/1	==>	Pos. 110/2	X		
R-098	Pos. 124/1	==>	Pos. 110/3	X		
R-099	Pos. 124/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-100	Pos. 110/1	==>	Pos. 110/2	X		
R-101	Pos. 110/1	==>	Pos. 110/3	X		
R-102	Pos. 110/1	==>	Pos. 111	X		
R-103	Pos. 110/1	==>	Pos. 124/1	X		
R-104	Pos. 110/1	==>	Pos. 124/2	X		
R-105	Pos. 110/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-106	Pos. 110/1	==>	Leckoeltank	X		
R-107	Heizung	==>	Pos. 110/1			X
R-108	Pos. 110/2	==>	Pos. 110/3	X		
R-109	Pos. 110/2	==>	Pos. 111	X		
R-110	Pos. 110/2	==>	Pos. 124/1	X		
R-111	Pos. 110/2	==>	Pos. 124/2	X		
R-112	Pos. 110/2	==>	Leckoelltg.	X		
R-113	Pos. 110/2	==>	Leckoeltank	X		
R-114	Heizung	==>	Pos. 110/2			X

R-115	Pos. 110/3	==>	Pos. 111	X		
R-116	Pos. 110/3	==>	Pos. 124/1	X		
R-117	Pos. 110/3	==>	Pos. 124/2	X		
R-118	Pos. 110/3	==>	Leckoelltg.	X		
R-119	Pos. 110/3	==>	Leckoeltank	X		
R-120	Heizung	==>	Pos. 110/3			X
R-121	Pos. 111	==>	Viskosimat	X		
R-122	Pos. 111	==>	Tank 2.6	X		
R-123	Pos. 111	==>	Leckoelltg.	X		
R-124	Heizung	==>	Pos. 111			X
R-125	Druckluft	==>	Pos. 111			X
R-126	Viskosimat	==>	Pos. 1	X		
R-127	Viskosimat	==>	Leckoelltg.	X		
R-128	Pos. 1	==>	Pos. 126	X		
R-129	Pos. 1	==>	Pos. 97/1	X		
R-130	Pos. 1	==>	Pos. 97/2	X		
R-131	Pos. 1	==>	Oelwannen	X		
R-132	Pos. 126	==>	Pos. 117	X		
R-133	Pos. 126	==>	Tank 0.10	X		
R-134	Pos. 126	==>	Leckoelltg.	X		
R-135	Pos. 126	==>	Ueberlauftk.	X		
R-136	Heizung	==>	Pos. 126			X
R-137	Uebernahmestutzen	==>	Tank 1.1	X		
R-138	Uebernahmestutzen	==>	Tank 1.2	X		
R-139	Tank 1.1	==>	Pos. 96/2	X		
R-140	Tank 1.1	==>	Pos. 96/1	X		
R-141	Tank 1.2	==>	Pos. 96/2	X		
R-142	Tank 1.2	==>	Pos. 96/1	X		
R-143	Tankheizung	==>	Tank 1.1			X
R-144	Tankheizung	==>	Tank 1.1			X
R-145	Pos. 96/1	==>	Tank 1.3	X		
R-146	Pos. 96/2	==>	Tank 1.3	X		
R-147	Tank 1.3	==>	Pos. 100	X		
R-148	Tank 1.3	==>	Pos. 101/2	X		
R-149	Tank 1.3	==>	Ueberlauf	X		
R-150	Tank 1.3	==>	Entlueftung	X		
R-151	Tank 1.3	==>	Dampfventil			X
R-152	Tank 1.3	==>	Ueberlauftk.	X		
R-153	Heizung	==>	Tank 1.3			X
R-154	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 1.3			X
R-155	Pos. 100	==>	Pos. 106	X		
R-156	Pos. 100	==>	Leckoeltank	X		
R-157	Pos. 106	==>	Pos. 98	X		
R-158	Pos. 106	==>	Leckoelltg.	X		
R-159	Heizung	==>	Pos. 106	X		
R-160	Pos. 98	==>	Tank 1.4	X		
R-161	Pos. 98	==>	Schlammtank	X		
R-162	Pos. 101/2	==>	Pos. 107/1	X		
R-163	Pos. 101/2	==>	Leckoelltg.	X		
R-164	Pos. 101/2	==>	Tank 2.8	X		
R-165	Pos. 107/1	==>	Pos. 99/1	X		
R-166	Pos. 107/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-167	Pos. 107/1	==>	Tank 2.8	X		
R-168	Heizung	==>	Pos. 107/1			X
R-169	Pos. 99/1	==>	Tank 1.4	X		
R-170	Pos. 99/1	==>	Schlammtank	X		
R-171	Tank 1.4	==>	Pos. 118	X		
R-172	Tank 1.4	==>	Ueberlauf	X		
R-173	Tank 1.4	==>	Entlueftung	X		
R-174	Tank 1.4	==>	Dampfventil			X
R-175	Tank 1.4	==>	Leckoelltg.	X		

R-176	Tank 1.4	==>	Ueberlauftk.	X	
R-177	Heizung	==>	Tank 1.4			X
R-178	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 1.4			X
R-179	Pos. 118	==>	Pos. 105/1	X	
R-180	Pos. 118	==>	Pos. 105/2	X	
R-181	Pos. 118	==>	Entlueftung	X	
R-182	Pos. 118	==>	Leckoelltg.	X	
R-183	Pos. 118	==>	Ueberlauftk.	X	
R-184	Heizung	==>	Pos. 118			X
R-185	Pos. 105/1	==>	Pos. 109/1	X	
R-186	Pos. 105/1	==>	Pos. 109/2	X	
R-187	Pos. 105/1	==>	Leckoelltg.	X	
R-188	Pos. 105/2	==>	Pos. 109/1	X	
R-189	Pos. 105/2	==>	Pos. 109/2	X	
R-190	Pos. 105/2	==>	Leckoelltg.	X	
R-191	Pos. 109/1	==>	Pos. 122	X	
R-192	Pos. 109/1	==>	Leckoelltg.	X	
R-193	Pos. 109/1	==>	Leckoeltank	X	
R-194	Pos. 109/2	==>	Pos. 122	X	
R-195	Pos. 109/2	==>	Leckoelltg.	X	
R-196	Pos. 109/2	==>	Leckoeltank	X	
R-197	Heizung	==>	Pos. 109/1			X
R-198	Heizung	==>	Pos. 109/2			X
R-199	Pos. 122	==>	Viskosimat	X	
R-200	Viskosimat	==>	Pos. 9/1	X	
R-201	Viskosimat	==>	Pos. 9/2	X	
R-202	Viskosimat	==>	Pos. 8/1	X	
R-203	Viskosimat	==>	Pos. 8/2	X	
R-204	Viskosimat	==>	Leckoelltg.	X	
R-205	Viskosimat	==>	Pos. 123	X	
R-206	Pos. 9/1	==>	Pos. 123	X	
R-207	Pos. 9/2	==>	Pos. 123	X	
R-208	Pos. 8/1	==>	Pos. 123	X	
R-209	Pos. 8/2	==>	Pos. 123	X	
R-210	Pos. 123	==>	Pos. 9/1	X	
R-211	Pos. 123	==>	Pos. 9/2	X	
R-212	Pos. 123	==>	Pos. 8/1	X	
R-213	Pos. 123	==>	Pos. 8/2	X	
R-214	Pos. 123	==>	Pos. 118	X	
R-215	Pos. 123	==>	Entlueftung	X	
R-216	Pos. 123	==>	Leckoelltg.	X	
R-217	Heizung	==>	Pos. 123			X
R-218	Uebernahmestutzen	==>	Tank 5.0	X	
R-219	Tank 5.0	==>	Pos. 103	X	
R-220	Tank 5.0	==>	Ueberlauf	X	
R-221	Tank 5.0	==>	Entlueftung	X	
R-222	Heizung	==>	Tank 5.0			X
R-223	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 5.0			X
R-224	Pos. 114	==>	Pos. 115	X	
R-225	Pos. 114	==>	Entlueftung	X	
R-226	Uebernahmestutzen	==>	Pos. 114	X	
R-227	Ausdaempfanschl.	==>	Pos. 114			X
R-228	Pos. 115	==>	Tank 5.0	X	
R-229	Pos. 115	==>	Tank 0.1	X	
R-230	Pos. 115	==>	Tank 0.2	X	
R-231	Pos. 115	==>	Tank 0.3	X	
R-232	Pos. 115	==>	Tank 0.4	X	
R-233	Pos. 115	==>	Tank 0.5	X	
R-234	Pos. 115	==>	Tank 0.6	X	
R-235	Pos. 115	==>	Tank 0.7	X	
R-236	Pos. 115	==>	Tank 0.8	X	

R-237	Pos. 115	==>	Tank 1.1	X	
R-238	Pos. 115	==>	Tank 1.2	X	
R-239	Pos. 115	==>	Leckoelltg.	X	
R-240	Pos. 103	==>	Tank 5.1	X	
R-241	Pos. 103	==>	Leckoeltank	X	
R-242	Tank 5.1	==>	Pos. 100	X	
R-243	Tank 5.1	==>	Ueberlauf	X	
R-244	Tank 5.1	==>	Entlueftung	X	
R-245	Tank 5.1	==>	Dampfventil		X
R-246	Tank 5.1	==>	Ueberlauftk.	X	
R-247	Heizung	==>	Tank 5.1		X
R-248	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 5.1		X
R-249	Pos. 100	==>	Pos. 98	X	
R-250	Pos. 100	==>	Leckoeltank	X	
R-251	Pos. 98	==>	Tank 6.0	X	
R-252	Pos. 98	==>	Tank 5.2	X	
R-253	Pos. 98	==>	Schlammtank	X	
R-254	Tank 6.0	==>	Pos. 116	X	
R-255	Tank 6.0	==>	Pos. 120	X	
R-256	Tank 6.0	==>	Pos. 100	X	
R-257	Tank 6.0	==>	Ueberlauf	X	
R-258	Tank 6.0	==>	Entlueftung	X	
R-259	Pos. 116	==>	Pos. 121	X	
R-260	Pos. 116	==>	Pos. 119	X	
R-261	Pos. 116	==>	Kesselanlage	X	
R-262	Pos. 116	==>	Leckoeltank	X	
R-263	Pos. 120	==>	Pos. 121	X	
R-264	Pos. 120	==>	Pos. 119	X	
R-265	Pos. 120	==>	Kesselanlage	X	
R-266	Pos. 120	==>	Leckoeltank	X	
R-267	Pos. 121	==>	Pos. 12	X	
R-268	Pos. 121	==>	Tank 6.0	X	
R-269	Pos. 121	==>	Entlueftung	X	
R-270	Pos. 121	==>	Leckoelltg.	X	
R-271	Pos. 12	==>	Pos. 121	X	
R-272	Pos. 12	==>	Leckoelltg.	X	
R-273	Pos. 119	==>	Pos. 104/1	X	
R-274	Pos. 119	==>	Pos. 104/2	X	
R-275	Pos. 119	==>	Entlueftung	X	
R-276	Pos. 119	==>	Leckoelltg.	X	
R-277	Pos. 104/1	==>	Pos. 108	X	
R-278	Pos. 104/2	==>	Pos. 108	X	
R-279	Pos. 108	==>	Pos. 119	X	
R-280	Pos. 108	==>	Pos. 271/1	X	
R-281	Pos. 108	==>	Pos. 271/2	X	
R-282	Pos. 108	==>	Leckoelltg.	X	
R-283	Pos. 271/1	==>	Pos. 9/1	X	
R-284	Pos. 271/1	==>	Pos. 9/2	X	
R-285	Pos. 271/1	==>	Pos. 8/1	X	
R-286	Pos. 271/1	==>	Pos. 8/2	X	
R-287	Pos. 271/1	==>	Leckoelltg.	X	
R-288	Pos. 271/2	==>	Pos. 9/1	X	
R-289	Pos. 271/2	==>	Pos. 9/2	X	
R-290	Pos. 271/2	==>	Pos. 8/1	X	
R-291	Pos. 271/2	==>	Pos. 8/2	X	
R-292	Pos. 271/2	==>	Leckoelltg.	X	
R-293	Pos. 9/1	==>	Pos. 119	X	
R-294	Pos. 9/1	==>	Leckoelltg.	X	
R-295	Pos. 9/2	==>	Pos. 119	X	
R-296	Pos. 9/2	==>	Leckoelltg.	X	
R-297	Pos. 8/1	==>	Pos. 119	X	

R-298	Pos. 8/1	==>	Leckoelltg.	X		
R-299	Pos. 8/2	==>	Pos. 119	X		
R-300	Pos. 8/2	==>	Leckoelltg.	X		
R-301	Tank 5.2	==>	Pos. 104/1	X		
R-302	Tank 5.2	==>	Pos. 104/2	X		
R-303	Tank 5.2	==>	Kesselanlage	X		
R-304	Tank 5.2	==>	Pos. 97/1	X		
R-305	Tank 5.2	==>	Pos. 97/2	X		
R-306	Tank 5.2	==>	Dampfventil			X
R-307	Tank 5.2	==>	Ueberlauftk.	X		
R-308	Heizung	==>	Tank 5.2			X
R-309	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 5.2			X
R-310	Tank 2.8	==>	Entlueftung	X		
R-311	Tank 2.8	==>	Leckoelltg.	X		
R-312	Tank 2.8	==>	Lenzsystem			X
R-313	Tank 2.8	==>	Pos. 102	X		
R-314	Heizung	==>	Tank 2.8			X
R-315	Dampf	==>	Tank 2.8			X
R-316	Pos. 98	==>	Tank 2.8	X		
R-317	Tank 2.6	==>	Pos. 102	X		
R-318	Tank 2.6	==>	Entlueftung	X		
R-319	Tank 2.6	==>	Leckoeltank	X		
R-320	Heizung	==>	Tank 2.6			X
R-321	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 2.6			X
R-322	Tank 2.14	==>	Pos. 102	X		
R-323	Tank 2.14	==>	Entlueftung	X		
R-324	Heizung	==>	Tank 2.14			X
R-325	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 2.14			X
R-326	Tank 2.0	==>	Pos. 102	X		
R-327	Tank 2.0	==>	Entlueftung	X		
R-328	Heizung	==>	Tank 2.0			X
R-329	Ausdaempfanschl.	==>	Tank 2.0			X
R-330	Lenzsystem	==>	Pos. 102			X
R-331	Schmieroels.	==>	Pos. 102			X
R-332	Schmieroels. HM	==>	Pos. 102			X
R-333	Pos. 102	==>	Tank 2.8	X		
R-334	Pos. 102	==>	Tank 0.11	X		
R-335	Pos. 102	==>	Tank 0.12	X		
R-336	Pos. 102	==>	Abgabest.	X		
R-337	Pos. 102	==>	Leckoelltg.	X		
R-338	Pos. 102	==>	Bilge			X
R-339	Frischwassertank	==>	Pos. 40			X
R-340	Pos. 40	==>	Pos. 112			X
R-341	Pos. 40	==>	Pos. 113			X
R-342	Druckluft	==>	Pos. 41			X
R-343	Pos. 41	==>	Pos. 112			X
R-344	Pos. 41	==>	Pos. 113			X
R-345	Pos. 113	==>	Pos. 92			X
R-346	Pos. 113	==>	Schmieroels.			X
R-347	Pos. 113	==>	Bilge			X
R-348	Pos. 92	==>	Pos. 98			X
R-349	Pos. 92	==>	Pos. 99/1			X
R-350	Pos. 92	==>	Pos. 99/2			X
R-351	Pos. 112	==>	Pos. 54			X
R-352	Pos. 112	==>	Dampfventil			X
R-353	Pos. 112	==>	Bilge			X
R-354	Pos. 112	==>	Schornstein			X
R-355	Schmieroels.	==>	Pos. 112			X
R-356	Pos. 54	==>	Pos. 98			X
R-357	Pos. 54	==>	Pos. 99/1			X
R-358	Pos. 54	==>	Pos. 99/2			X

R-359	Pos. 54 ==> Schmieroels.		X
359		277	82

Anlage 3/2: Kompliziertheit einer konkreten Kraftstoffaufbereitungsanlage (/154/)

Fakt Nr.	Fakt (Element)	Einzelwertigkeiten n	U	U_M
F-001	Pos. 1 (Hauptmotor)	1	1	0
F-002	Pos. 8/1 (Dieselgenerator)	1	2	0
F-003	Pos. 8/2 (Dieselgenerator)	1		0
F-004	Pos. 9/1 (Dieselgenerator)	1	2	0
F-005	Pos. 9/2 (Dieselgenerator)	1		0
F-006	Pos. 12 (Notdieselgenerator)	1	1	0
F-007	Pos. 40 (Frischwasserpumpe)	1	1	2
F-008	Pos. 41 (Hydrophor)	1	1	2
F-009	Pos. 54 (Frischwasserpumpe)	1	1	1
F-010	Pos. 92 (Steuerwasserbeh.)	1	1	1
F-011	Pos. 96/1 (Kraftstoffoerderp.)	1	2	2
F-012	Pos. 96/2 (Kraftstoffoerderp.)	1		2
F-013	Pos. 97/1 (Kraftstoffzubr.-p.)	1	2	2
F-014	Pos. 97/2 (Kraftstoffzubr.-p.)	1		2
F-015	Pos. 98 (SOe-Separator)	1	1	3
F-016	Pos. 99/1 (SOe-Separator)	1	2	3
F-017	Pos. 99/2 (SOe-Separator)	1		3
F-018	Pos. 100 (SOe-Zubringerpumpe)	1	1	2
F-019	Pos. 101/1 (SOe-Zubringerpumpe)	1	2	2
F-020	Pos. 101/2 (SOe-Zubringerpumpe)	1		2
F-021	Pos. 102 (Schlammpumpe)	1	1	2
F-022	Pos. 103 (MDF-Foerderpumpe)	1	1	2
F-023	Pos. 104/1 (MDF-Zubringerpumpe)	1	2	2
F-024	Pos. 104/2 (MDF-Zubringerpumpe)	1		2
F-025	Pos. 105/1 (SOe-Zubringerpumpe)	1	2	2
F-026	Pos. 105/2 (SOe-Zubringerpumpe)	1		2
F-027	Pos. 106 (SOe-Vorwaermer)	1	1	2
F-028	Pos. 107/1 (SOe-Vorwaermer)	1	2	2
F-029	Pos. 107/2 (SOe-Vorwaermer)	1		2
F-030	Pos. 108 (MDF-Vorwaermer)	1	1	2
F-031	Pos. 109/1 (SOe-Endvorwaermer)	1	2	2
F-032	Pos. 109/2 (SOe-Endvorwaermer)	1		2
F-033	Pos. 110/1 (SOe-Endvorwaermer)	1	3	2
F-034	Pos. 110/2 (SOe-Endvorwaermer)	1		2
F-035	Pos. 110/3 (SOe-Endvorwaermer)	1		2
F-036	Pos. 111 (Kraftstoffilter)	1	1	3
F-037	Pos. 112 (Wasservorwaermer)	1	1	2
F-038	Pos. 113 (Enthaertungsfilter)	1	1	3
F-049	Pos. 114 (Beh. f. Zusaetze)	1	1	1
F-040	Pos. 115 (Pumpe f. Zusaetze)	1	1	2
F-041	Pos. 116 (DOe-Pumpe)	1	1	2
F-042	Pos. 117 (Pufferbehaelter)	1	1	1
F-043	Pos. 118 (SOe-Ruecklaufbeh.)	1	1	1
F-044	Pos. 119 (MDF-Hochbehaelter)	1	1	1
F-045	Pos. 120 (DOe-Handpumpe)	1	1	2
F-046	Pos. 121 (DOe-Behaelter)	1	1	1
F-047	Pos. 122 (Kraftstoffilter)	1	1	3
F-048	Pos. 123 (SOe-Hochbehaelter)	1	1	1
F-049	Pos. 124/1 (Kraftstoffumwaelzp.)	1	2	2
F-050	Pos. 124/2 (Kraftstoffumwaelzp.)	1		2

F-051	Pos. 126	(Entlueftungsbeh.)	1	1	1	1
F-052	Pos. 202/1	(Waschwanne)	1	1)	4	0
F-053	Pos. 202/2	(Waschwanne)	1	1)		0
F-054	Pos. 202/3	(Waschwanne)	1	1)		0
F-055	Pos. 202/4	(Waschwanne)	1	1)		0
F-056	Pos. 271/1	(MDF-Filter)	1	1)	2	3
F-057	Pos. 271/2	(MDF-Filter)	1	1)		3
F-058	Tank 0.1	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-059	Tank 0.2	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-060	Tank 0.3	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-061	Tank 0.4	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-062	Tank 0.5	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-063	Tank 0.6	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-064	Tank 0.7	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-065	Tank 0.8	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-066	Tank 0.9	(Ueberlauftank)	1	1	1	1
F-067	Tank 0.10	(SOe-Tagestank)	1	1	1	1
F-068	Tank 0.11	(SOe-Setztank)	1	1	1	3
F-069	Tank 0.12	(SOe-Setztank)	1	1	1	3
F-070	Tank 1.1	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-071	Tank 1.2	(SOe-Vorratstank)	1	1	1	1
F-072	Tank 1.3	(SOe-Setztank)	1	1	1	3
F-073	Tank 1.4	(SOe-Tagestank)	1	1	1	1
F-074	Tank 2.0	(Leckoeltank)	1	1	1	1
F-075	Tank 2.14	(Leckoeltank)	1	1	1	1
F-076	Tank 2.6	(Kraftstoffiltertank)	1	1	1	1
F-077	Tank 2.8	(Schlammtank)	1	1	1	1
F-078	Tank 5.0	(MDF-Vorratstank)	1	1	1	1
F-079	Tank 5.1	(MDF-Setztank)	1	1	1	3
F-080	Tank 5.2	(MDF-Tagestank)	1	1	1	1
F-081	Tank 6.0	(Gasoel-Tank)	1	1	1	1
F-082	1)	(von Uebernahmestutzen)	1	1	1	0
F-083	2)	(Ueberlauf)	1	1	1	0
F-084	3)	(Entlueftung)	1	1	1	0
F-085	4)	(Heizung 0,3 MPa)	1	1	1	0
F-086	5)	(Ausdaempfanschluss)	1	1	1	0
F-087	6)	(Fernsteueranschluss)	1	1	1	0
F-088	7)	(von Betriebstanks)	1	1	1	0
F-089	8)	(nach Dampfregelventil)	1	1	1	0
F-090	9)	(nach Abgabestutzen)	1	1	1	0
F-091	10)	(nach Leckoelsammelleitung)	1	1	1	0
F-092	11)	(v. Druckluftsyst. 0,8 MPa)	1	1	1	0
F-093	12)	(Heizung 0,7-0,8 MPa)	1	1	1	0
F-094	13)	(von Lenzsystem)	1	1	1	0
F-095	14)	(nach Lenzsystem)	1	1	1	0
F-096	15)	(nach Ueberlauftank)	1	1	1	0
F-097	16)	(von Frischwassersystem)	1	1	1	0
F-098	17)	(nach Leckoeltank)	1	1	1	0
F-099	18)	(von SOe-Separator)	1	1	1	0
F-100	19)	(von Warmwassertankheizung)	1	1	1	0
F-101	20)	(von Leckoelwannen)	1	1	1	0
F-102	21)	(von Schmieroelsystem)	1	1	1	0
F-103	22)	(nach Schmieroelsystem)	1	1	1	0
F-104	25)	(von Druckluftsystem)	1	1	1	0
F-105	26)	(nach/von Kesselanlage)	1	1	1	0
F-106	27)	(nach/von Kesselanlage)	1	1	1	0
F-107	28)	(nach/von Kesselanlage)	1	1	1	0
F-108	29)	(von Kuehlwassersystem)	1	1	1	0
F-109	30)	(von Kuehlwassersystem)	1	1	1	0
F-110	31)	(v. Druckluftsyst. 0,6 MPa)	1	1	1	0
F-111	32)	(von DOe-Behaelter)	1	1	1	0

F-112	33)	(nach Schlammtank)	1	1	0
F-113	34)	(von Schmieroelsystem)	1	1	0
F-114	35)	(nach Bilge)	1	1	0
F-115	36)	(nach Schornstein)	1	1	0
F-116	37)	(von Speisewassersystem)	1	1	0
F-117	38)	(von Hydrauliksystem)	1	1	0
F-118	39)	(von Frischwassertank)	1	1	0
F-119	40)	(Dampf 0,3 MPa)	1	1	0
F-120	41)	(von Schmieroelsystem HM)	1	1	0
			120	103	125

Anlage 4: Beispiel Variantenvergleich
auf Basis gleicher Groessen
(fiktive technische Daten)

Es wurden auf der Basis der Berechnungsergebnisse fuer eine Schiffsmaschinenanlage 9 Pumpentypen ({i} = 9) ermittelt, die alle den erforderlichen technischen Einsatzbedingungen entsprechen. Fuer die Entscheidungsfindung stehen eine Reihe funktioneller, konstruktiver, technologischer und oekonomischer Bewertungskriterien (Optimierungszielstellungen {Z}; insgesamt {m}) zur Verfuegung, von denen hier jedoch nur 5 von Interesse sind ({i} = 5), und zwar
- ein geringer Energiebedarf P_{zu},
- eine hohe Foerderleistung $\dot{V}$,
- ein minimaler Stellplatzbedarf A,
- eine geringe Eigenmasse m und
- ein minimaler technologischer Aufwand T.

Bei der Entscheidungsfindung werden die Prioritaeten (Wichtung {W})festgelegt
1 fuer Energiebedarf,
2 fuer Stellplatzbedarf,
3 fuer Foerderleistung,
4 fuer Eigenmasse und
5 fuer Aufwand:

Optimierungsziel {Z}			Optimierungs-	Auswahl und
Bereich	Ident	Beschreibung	kriterium {K}	Wichtung {W}
Funk- tion	011	kl. Energie- bedarf	Leistung P_{zu}	1
	012	hohe Foerder- leistung	Foerderstrom $\dot{V}$	3
	013	...	...	0
	...	...	...	...
Kon- struk- tion	021	kl. Stell- flaeche	Grundflaeche A	2
	022	kl. Masse	Masse m	4
	023	...	...	0
	...	...	...	...
Techno- logie	031	geringer Montageauf- wand	Aufwand T	5
	032	...	...	0
	...	...	...	...
Oekono- nomie	041	...	...	0
	...	...	...	...

Alle der {i} = 9 gefundenen verschiedenen Pumpentypen weichen in den Parametern Energiebedarf, Stellplatzbedarf, Foerderleistung, Eigenmasse und Montageaufwand voneinander ab. Der Pumpe, die den geringsten Energiebedarf aufweist, wird der Erfuellungsgrad {E} = 1 zugeordnet, der nachstehenden {E} = 2 usw.. In gleicher Weise ist mit den anderen vier Parametern zu verfahren:

Ident	Alternativen, Varianten {V}								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
011	9	1	8	2	4	3	6	7	5
012	6	9	5	4	2	3	8	7	1
021	2	4	5	8	3	6	7	9	1
022	3	2	6	1	4	7	9	5	8
031	5	8	2	1	9	4	7	6	3

Die Pumpe 2 erbringt vor den Pumpen 6 und 5 hinsichtlich eines minimalen Energiebedarfs den besten Teilnutzen. In Bezug auf eine hohe Foerderleistung platzieren sich jedoch die Pumpen 5 und 6 hinter Pumpe 9.
Nachfolgende Tabelle stellt die Ermittlung der Vorzugsvariante auf Basis der Summen der Teilnutzen dar. Im vorgestellten Beispiel sollte die Pumpe 4 zum Einsatz gelangen.

Ident	Alternativen, Varianten {V}								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
011	9	1	8	2	4	3	6	7	5
012	18	27	15	12	6	9	24	21	3
021	4	8	10	16	6	12	14	18	2
022	12	8	24	4	16	28	36	20	32
031	25	40	10	5	45	20	35	30	15
Summe	68	84	67	39	77	72	115	96	57
Platz	4.	7.	3.	1.	6.	5.	9.	8.	2.

T h e s e n

Zur Dissertation

"Untersuchungen ueber die Realisierungsmoeglichkeiten eines rechnergestuetzten Beratungssystems fuer den Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen"

1. Fuer den Entwurf optimaler Schiffsmaschinenanlagen weisen die vorhandenen CAD-Systeme noch eine Reihe von Maengeln auf. So setzen CAD-Systeme die Kenntnis der Verfahren und Algorithmen zur Loesung einer Aufgabenstellung (prozessbezogenes Wissen) voraus. Darueber hinaus kann oftmals nur der persoenliche und damit auch begrenzte Wissensschatz des Ingenieurs zum Entwicklungsgegenstand (objektbezogenes Wissen) Beruecksichtigung finden. Es fehlt an effizienten Mitteln sowie Methoden, breites Fachwissen zu verwalten und zu verarbeiten.

2. Eine bedeutende Unterstuetzung beim Entwurf optimaler Schiffsmaschinenanlagen koennen Beratungssysteme geben, die aus den zwei Hauptkomponenten
   - Expertensystem fuer die Wissensverwaltung und -verarbeitung sowie
   - analytisches Bewertungssystem fuer die Objektivierung von Entscheidungen

   bestehen.

3. Beratungssysteme, die aus den o.g. zwei Hauptkomponenten bestehen, lassen sich in drei Ausfuehrungen entwickeln:
   - beide Teilsysteme bestehen aus den voneinander unabhaengigen Teilkomponenten Benutzerschnittstelle, Problemloesungsmechanismus und Wissens- bzw. Datenbasis
   - beide Teilsysteme verfuegen ueber eine gemeinsame Benutzerschnittstelle und voneinander unabhaengige Problemloesungsmechanismen sowie Wissens- bzw. Datenbasen
   - beide Teilsysteme verfuegen ueber eine gemeinsame Benutzerschnittstelle und Wissensbasis, jedoch getrennte Problemloesungsmechanismen.

4. Expertensysteme sind insbesondere fuer die Verarbeitung von Wissen geeignet, das sich nicht in Form von Daten und Algorithmen darstellen laesst. Dieses Wissen kann in Form von Fakten und Regeln widergegeben werden.

5. Ein Analysesystem sollte mehrere Verarbeitungsmoeglichkeiten, wie
   - Variantenvergleiche,
   - Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik,
   - Fehler-, Ausgleichs- und Naeherungsrechnung sowie
   - Optimierung

   anbieten, um eine quantitative Bewertung von Entscheidungen bzw. Loesungsvorschlaegen zu ermoeglichen. Dieses System weist einen aehnlichen Aufbau wie Expertensysteme auf.

6. Das objektbezogene Fachwissen, auf das der Entwicklungsingenieur bei jedem Entwurf einer Schiffsmaschinenanlage zurueckgreift, laesst sich systematisieren und den Komplexen
   - Funktion,
   - Konstruktion,
   - Technologie und
   - Oekonomie

   zuordnen.

7. Die komplexweise zusammenstellbaren Fakten stehen untereinander in vielfaeltigster Beziehung. Beim Entwurf von Schiffsmaschinenanlagen muessen sie stets Beruecksichtigung finden.

8. Eine gemeinsame Wissensbasis bietet die besten Voraussetzungen fuer die systematische und redundanzfreie Verwaltung des Fachwissens. Sie muss jedoch hierzu ueber verschiedene Strukturelemente verfuegen.

9. Die Wissenspraesentation wird in zwei Formen ermoeglicht:
   - gezielte Bereitstellung von Fakten und Daten sowie
   - Entwicklung von Schlussfolgerungen bzw. Loesungsvorschlaegen.

   Der Inferenzmechanismus eines Expertensystems laesst sich entsprechend gestalten.

10. Die analytisch gestuetzte Bewertung von Schiffsmaschinenprojekten ist ueber den Vergleich der Kennziffern Komplexitaet und Kompliziertheit nach Witte moeglich.

11. Der Variantenvergleich auf Basis gleicher Groessen bietet sich fuer die Auswahl sowohl von alternativen Elementen einer Schiffsmaschinenanlage als von Projektvarianten an.

12. Die Benutzerschnittstelle erfuellt drei Hauptaufgaben:
- Sicherstellung der Dialogfuehrung,
- Bereitstellung von Hilfeleistungen und
- Erweiterung/Aktualisierung der Wissensbasis.
Der Aufbau der Bildschirmmaske hat einen bedeutenden Einfluss auf eine anwenderfreundliche Kommunikation zwischen Nutzer und System.

13. Ueber das Menue wird die Nutzerfuehrung organisiert. Aus einem dynamischen und einem statischen Teil bestehend, hat das Menue
- eine Verarbeitung von dem System bekanntem Wissen,
- ein Erkennen und Erlernen von neuem Wissen sowie
- ein Ausschliessen von Bedienfehlern.
sicherzustellen.

14. Hilfsinformationen dienen dazu, den Nutzer bei der Handhabung des Beratungssystems zu fuehren bzw. zu unterstuetzen. Sie muessen sowohl bei der Nutzung des Expertensystems als auch des Analysesystems in jedem Systemstatus bereitstehen.

Rostock, den 31.10.1988 J. Listemann

Joerg L i s t e m a n n

Erklaerung

Hiermit erklaere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbststaendig verfasst habe und von mir zu ihrer Anfertigung keine weiteren als die angegebenen Hilfsmittel benutzt wurden.
Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation zum ersten Mal fuer ein Promotionsverfahren A einreiche.

Rostock, den 31.10.1988

J. Listemann

Joerg Listemann