

Zhiyong Xue

Konzept und Umsetzung betrieblicher Entscheidungshilfen
auf grafischer und objektorientierter Basis
als autonome und eingebettete Netzwerklösung

Die vorliegende Arbeit wurde vom Fachbereich Maschinenbau der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) angenommen.

Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. A. Reinhardt

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Hesselbach

Tag der mündlichen Prüfung

7. Februar 2008

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar

Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2008

ISBN 978-3-89958-404-2

URN: urn:nbn:de:0002-4042

2008, kassel university press GmbH, Kassel

www.upress.uni-kassel.de

Druck und Verarbeitung: Unidruckerei der Universität Kassel

Printed in Germany

Vorwort

Für die gute Zusammenarbeit im Fachgebiet Produktionssysteme möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanken, die in all diesen Jahren hier meinen Weg gekreuzt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. A. Reinhardt, dem Leiter des Fachgebietes Produktionssysteme, für seine Unterstützung bei der Durchführung und seine fachliche Betreuung.

Bedanken möchte ich mich zusätzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Hesselbach, für die freundliche Bereitschaft zur Begutachtung meiner Arbeit und für wertvolle Hinweise.

Meine Frau und meine Eltern haben durch ihr Verständnis und ihre Unterstützung einen entscheidenden Anteil zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen. Dafür möchte ich mich an dieser Stelle besonders herzlich bedanken.

Außerdem danke ich Frau Elisabeth Dietrich herzlich für die sprachliche Hilfe.

Kassel, im Juni 2007

Zhiyong Xue

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung.....	9
2	Ausgangssituation	12
2.1	Geschichte und heutige Lage des Entscheidungsunterstützungssystems	12
2.1.1	Wissenschaftsrechnung	12
2.1.2	Datenverarbeitung	12
2.1.3	Management Information System.....	13
2.1.4	Unternehmensforschung und Managementwissenschaft	14
2.1.5	Entscheidungsunterstützungssystem	16
2.2	Entsprechende wissenschaftliche Fachgebiete	27
2.2.1	Systemtheorie.....	27
2.2.2	Operations Research.....	31
2.2.2.1	Begriff des Operations Research	31
2.2.2.2	Grundlage einer quantitativen Betriebswirtschaft.....	32
2.2.2.3	Anwendungsgebiet des Operations Research	34
2.2.3	Informationstechnologie.....	35
2.2.3.1	Datenbank-Technologien	36
2.2.3.1.1	Datenbank	36
2.2.3.1.2	Datenbankschnittstellen	42
2.2.3.2	Grafische Werkzeuge.....	50
2.2.3.3	Rapid Application Development (RAD)	53
2.2.3.4	Komponentenbasierte Software.....	54
2.2.3.5	Active Server Pages	60
3	Betriebsorganisationen und betriebliches Informationssystem.....	64
3.1	Organisation im Betrieb.....	64
3.2	Modelliertes Unternehmen	66

3.2.1	Übersicht der Unternehmensmodellierung.....	66
3.2.2	CIM in Produktionsunternehmen.....	68
3.2.3	CIM-Y-Modell.....	69
3.2.4	CIM-OSA.....	71
3.2.5	REFA-OSA.....	74
3.3	Ein betriebliches Informationssystem: AIBAS.....	83
3.3.1	Grundideen vom AIBAS.....	83
3.3.2	Übersicht der AIBAS-Werkzeuge.....	87
3.3.3	Arbeitsweise vom AIBAS.....	92
4	Entscheidungsunterstützungswerkzeug im Unternehmen.....	94
4.1	Zweck und Eigenschaften.....	94
4.2	Gegenstand der Analyse: Kennzahlen.....	97
4.3	Kennzahlen im Produktionsbereich.....	100
4.3.1	Produktionszielbezogene Kennzahlen.....	100
4.3.2	Produktionsmanagementbezogene Kennzahlen.....	102
4.3.3	Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen.....	103
4.4	Angewandte mathematische und statistische Methode.....	105
4.4.1	Zweidimensionale Korrelationsanalyse und Regressionsanalyse.....	106
4.4.2	Erweiterung zur 3D.....	111
4.5	Entscheidungsunterstützungswerkzeug und Menschen.....	118
4.6	Arbeitsweg.....	120
4.6.1	Erstellung des zu analysierenden Modells.....	120
4.6.2	Diagnose und Prognose.....	128
4.6.3	Anwendung im Internet/Intranet.....	136
5	Fallbeispiel.....	141
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	152
6.1	Zusammenfassung.....	152
6.2	Ausblick.....	154

Anhang

Abbildungsverzeichnis	i
Tabellenverzeichnis	iii
Formelnverzeichnis	iv
Literaturverzeichnis	v

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Kernaufgabe des Managements ist „die Entscheidung“. Ende der 60er Jahre hat Henry Mintzberg die Arbeiten und die Aufgaben von fünf Managern ausführlich erforscht. Nach seiner Forschung fand er, dass die Manager zehn ganz unterschiedliche, aber eng zusammenhängende Rollen gespielt haben und die Rollen in drei Gruppen gegliedert werden konnten: Personalrelation, Informationskommunikation und Entscheidungsfestlegung, siehe Tabelle 1.1.

In den drei Gruppen hat die Entscheidungsfestlegung die wichtigste wesentlichste Rolle gespielt. Deswegen beeinflusst die Entscheidungsqualität den Erfolg oder Misserfolg des Unternehmens.

Aber die externe Umgebung, in der das heutige Management agiert, ändert sich immer rascher. Die Geschäftsumgebung und die Unternehmen selbst sind komplizierter als früher, und die Komplexität wird von Tag zu Tag größer. Diese Umstände bringen dem Management von modernen Unternehmen neue Herausforderungen:

1. Hohe Entscheidungsqualität

Mit der raschen Entwicklung der Technologien haben Kunden ungehinderte Wege um Produkte und Service zu bekommen, Kunden können auch mehr Wahlmöglichkeiten haben. Gleichzeitige Massenproduktion verursacht die Überproduktion, und Kunden werden eine sehr begehrte und schwer erhältliche Ressource. Dadurch sehen sich die Unternehmen gezwungen, die Kunden in den Mittelpunkt ihrer Wirtschaftsführungs- und Verwaltungsstrategie zu stellen und ihre Produkt- und Dienstleistungsqualität zu verbessern.

2. Kompliziertere Faktoren erfordern wohlüberlegte Entscheidungen

Ganz gleich ob die Unternehmen wollen oder nicht, in der Flutwelle der Wirtschaftsglobalisierung müssen sich die globalen Wettbewerber und Märkte verste-

hen. Immer stärkere Konkurrenz, Verstärkung des Rechtsbewusstseins der Verbraucher, mehrere Regeln und Gesetzerlasse der Regierung halten die Wirtschaftsführungs- und Verwaltungsbewegung der Unternehmen in Schranken. Manager müssen mehrere komplizierte Einschränkungen beim Entscheiden beachten.

3. Schnellere Entscheidung

Mit der Entwicklung der Kommunikationsweise durch moderne Kommunikationstechniken, günstigerem Verkehr, bequeme Regelung der Finanzen, können Unternehmen die eigene Konkurrenzfähigkeit nur schwer lange aufrechterhalten. Sie müssen sich kontinuierlich erneuern und entwickeln, nicht nur expandieren, sondern auch in kürzester Zeit Innovationen und den Markt bringen, um erfolgreich zu sein. Deshalb sind die Manager gefordert, so schnell wie möglich richtige Entscheidungen zu treffen.

4. Hohe Kosten für Entscheidungsfehler

In modernen Unternehmen sind die Verbindungen zwischen Beschaffung, Produktion, Verkauf und Dienstleistung sehr eng, die Läufe von Unternehmen werden immer komplizierter und präziser, ein Urteilsfehler an irgendeinem Kettenglied wird zur Kettenreaktion führen und enormen Schaden verursachen.

Rollen		Beschreibung
Personalrelation	Gallionsfigur (Figure-head)	Hauptfunktion dieser Rolle ist die Darstellung und Vertretung der Unternehmung oder der Abteilung nach innen und nach außen. Der Manager fungiert hier gewissermaßen als Symbolfigur. Nicht die konkrete Arbeit, sondern seine Anwesenheit oder seine Unterschrift als solche sind hier von Bedeutung.
	Vorgesetzter (Leader)	Die Anleitung und Motivierung der unterstellten Mitarbeiter sowie deren Auswahl und Beurteilung stehen im Zentrum.
	Kontaktknüpfer (Ver-netzer, Liaison)	Im Mittelpunkt seiner Rolle stehen Aufbau und Pflege eines funktionstüchtigen, reziproken Kontaktnetzes innerhalb und außerhalb des Unternehmens.
Informationskom-munikation	Monitor	Zu dieser Rolle gehört die kontinuierliche Sammlung und Aufnahme von Informationen über interne und externe Entwicklungen, insbesondere über das selbst aufgebaute „Netzwerk“.
	Sender (intern, Disseminator)	Kernaktivitäten sind Übermittlung und Interpretation relevanter Informationen und handlungsleitender Werte an die Mitarbeiter und andere Organisationsmitglieder.
	Sprecher (extern)	Hierzu gehören die Information externer Gruppen und die Vertretung der Organisation nach außen.
Entscheidungsfest- legung	Neuerer (Innovator)	Kernaktivitäten sind die Initiierung und die Realisierung von Wandel in Organisationen. Grundlage dieser Aktivität ist das fortwährende Aufspüren von Problemen und die Nutzung sich bietender Chancen.
	Problemlöser , Distur-bance handler (Trouble Shooter)	Diese Rolle führt Aktivitäten zusammen, die der Schlichtung von Konflikten und der Beseitigung unerwarteter Probleme und Störungen dienen.
	Ressourcenzuteiler (Resource allocator)	Dazu gehören drei Zuteilungsbereiche: die Verteilung von eigener Zeit und damit die Bestimmung dessen, was wichtig und unwichtig ist; die Verteilung von Aufgaben und generellen Kompetenzen (Organisation); die selektive Autorisierung von Handlungsvorschlägen und damit zugleich die Zuteilung finanzieller Ressourcen.
	Verhandlungsführer (Negotiator)	In dieser Rolle führt der Manager in Vertretung der eigenen Organisation oder Abteilung (erfolgreiche) Verhandlungen.

Tabelle 1.1: 10 Rolle von Managern [Steinmann/Schreyögg, 2000]

Wegen solcher Tendenzen und Änderungen müssen Manager wacher und tüchtiger werden. Sie brauchen neue Geräte und Techniken, die ihnen helfen sollen, effektive Entscheidungen zu treffen. In traditionellen betrieblichen Managementinformationssystemen sind solche Funktionen nicht vorhanden.

Der Mensch hat täglich Hunderte von Entscheidungen zu treffen, so dass es nicht gleich verständlich ist, warum uns der Computer hierbei unterstützen kann oder soll. Allerdings sind Entscheidungen, wie zum Beispiel welche Butter oder Milch man kaufen oder ob man bei Gelb noch über die Ampel fahren soll, nicht leichter oder schneller mit Hilfe des Computers zu treffen. Dies sind Entscheidungen, die trivial, alltäglich, spontan oder reflexartig zu lösen sind. Genau wie ein Mensch muss auch ein Unternehmen zahlreiche Entscheidungen treffen. Wegen des Vorgangs der globalen Wirtschaftsvereinigung und der Entwicklung der Informationstechnologien werden viele Kommunikationsbarrieren beseitigt. Die Unternehmen leben in einer komplizierten, schwierigen Konkurrenzzumgebung und können sich kaum vor Konkurrenz schützen. Der Druck, der aus weltweitem Wettbewerb resultiert, zwingt Unternehmen zu höherer Entscheidungsqualität und schnellerer Entscheidungsgeschwindigkeit. Anderenfalls zwingen das Reagieren auf neue Markt- und Umweltsituationen und nicht zuletzt politische und gesetzliche Vorgaben auch Unternehmen und deren Management täglich zu Entscheidungen, von denen die weitere Existenz und Präsenz am Markt sowie Arbeitsplätze und soziale Gesellschaftsstrukturen abhängen. Allerdings sind solche Probleme schwierig, arbeitsaufwendig, aufreibend und mit hohem Risiko und hoher Verantwortung verbunden. Manager oder Entscheidungsträger versuchen diese Probleme meist unter hohem Einsatz an Ressourcen, Personal und Zeit zu lösen. Diese Aufbereitung der Entscheidungsunterlagen nennt man „Reviewing“. Ist die Entscheidungsfindung allerdings zu schwierig, aufwendig und vielschichtig um allein oder in Gruppen gelöst zu werden, wird die formale oder computergestützte Entscheidungsunterstützung eingesetzt. Die Computerunterstützung ist notwendig um die Entscheidung schneller, effektiver zu treffen.

Die Grundlage der Entscheidung sind die Betriebsdaten. Im modernen Unternehmen wird täglich eine Vielzahl von verschiedenen Daten erzeugt. Das große Datenvolumen kann in manueller Arbeitsweise nicht mehr konzentriert und verarbeitet werden. Für die Konzentration der zur Verfügung stehenden Daten, die vor einer Entscheidungsfindung verdichtet werden müssen, ist heutzutage der PC (Personal Computer) das zentrale Hilfsmittel. Für den Einsatz auf dem PC gibt eine Vielzahl von Standardsoftware (z.B. Microsoft-Excel) aus dem Bereich Entscheidungsunterstützung Hilfestellung für diese Vorgänge. Außer diesen Standardprodukten, welche auf eine fertige Umgebung und Problemstellung zugeschnitten sind, existieren Generatoren, mit denen ein System zur Entscheidungsunterstützung für den Einsatz im Unternehmen modelliert werden kann. Anwendungen auf diesem Gebiet gibt es bereits seit einiger Zeit, doch umfassen sie nur Systeme, die klaren Strukturen und festen Entscheidungssequenzen unterworfen sind, wie z.B. Energie- und Wasserwirtschaft, oder die Stadtverkehrsplanung. Hierbei kann man ein solches System einen „Entscheidungsautomat“ nennen. Kennzeichen für solche Entscheidungsautomaten sind, dass sie gut strukturiert sind und nach immer gleichen Regeln und Zielen gelöst werden können. Sie sind also im Voraus entscheidbar und programmierbar, wodurch die zu erlangende Qualität der Entscheidungen kontrollierbar ist. Die Weiterentwicklung vom Entscheidungsunterstützungssystem beschränkte sich aus diesem Grund in der Vergangenheit auf den militärischen Bereich und nicht auf sich ändernde Unternehmensstrukturen, wie sie bei Produktionsbetrieben vorliegen.

Im Unterschied zu klaren statischen Strukturen haben Unternehmen normalerweise komplexe dynamische Strukturen. Solche Strukturen überfordern die Mitarbeiter, ein oben genanntes System selbst aufzubauen. Außerdem haben viele Manager die Wichtigkeit eines solchen Systems noch nicht erkannt. Die Manager oder Führungskräfte, so kann man vermuten, sind sich der Bedeutung einer solchen Softwareunterstützung für ihre Aufgaben nicht bewusst, bzw. es hängt von deren persönlichen Einschätzung ab. Manche Leute haben sogar die Einstellung: Wenn der Kostendruck im Unternehmen nicht hoch genug ist, so „... können es sich Top-Manager hierzulande leisten, Hof zu halten und zur Informationsbeschaffung Mitarbeiter um sich zu scha-

ren.“[Möllmann,1994]. Kritik oder Anstöße zur Modelländerung erfolgen fast immer erst nach der Umsetzung und die Managermeinung ändert sich ständig. Drastisch äußert sich dies in einer amerikanischen Umfrage: „Die Geschäftsleitung habe kein Verständnis für das IT-Management und effektive Problemlösungen. ...Die obere Führungsebene müsse Visionen haben und das Selbstbewusstsein für klare Entscheidungen“[Computerwoche, 1996]. Stattdessen beziehen die Führungskräfte ihre Zufriedenheit daraus, auf der informationsverarbeitenden Technologie herumzuhacken. Das Management muss endlich erkennen, dass die Informationstechnik das Rückgrat unternehmerischen Handelns darstellt.

Hinzukommt dass in der Mehrzahl der Führungsebenen der PC immer noch keinen Einzug gehalten hat. In der Vergangenheit entsprang die Entscheidungsfestlegung persönlichen Gefühlen, weil viele verschiedene individuelle Stile benutzt wurden und die Manager unterschiedliche Überlegungen hatten, um ähnliche Managementprobleme zu lösen und gute Ergebnisse zu erhalten. Diese Stile und Überlegungen waren keine systematischen quantitativen Analysemethoden, sondern aus der Schöpferkraft, der Urteilsfähigkeit, der Intuition und der Erfahrung der individuellen Person. Hier werden nach wie vor Entscheidungen aus dem Bauch heraus getroffen. Die Entscheidungskunst liegt darin, auch hier das richtige Gespür zu entwickeln und die Technik der Entscheidung darin, sich die wichtigen und richtigen Informationen zu beschaffen. Der Nachteil dieser Vorgehensweise ist offensichtlich: Das „Gespür“ ist erfahrungsgemäß leicht irritierbar[Geitner, 1993] und die Informationsflut ist kaum zu filtern. Ein in Jahren selbst aufgebautes Gefühlssystem des erfolgreichen Managers leitet ihn in seinem Handeln durch die Fülle von Informationen und Situationen und kann durch Softwareunterstützung auch in den nächsten 50 Jahren nicht ersetzt werden. Auch heutzutage können die Wahrnehmungs- und Urteilsfähigkeit von Computersystemen noch nicht mit den menschlichen verglichen werden.

Die große Aufgabe der heute zur Verfügung stehenden Entscheidungsunterstützungssysteme ist die Spezialisierung der Software auf bestimmte Einsatzbereiche und Funktionen im Unternehmen. Eine Anpassung an die Anforderungen darf nicht nur in Teil-

bereichen von Einzelkonzepten erfolgen, sondern muss durch mehrere Konzepte gleichzeitig abgedeckt werden, wie z.B.:

- Statistische und mathematische statistische Analysen
- Intuitivere und durchschaubarere Grafikdarstellung
- Datenfilterungs- und Datenkonzentrierungsfunktion
- Gruppendynamik und Gruppenentscheidung
- Rückgekoppelte Entscheidungsfindung
- OLAP-Funktionalität
- Internet-Intranet-Funktionen
- Einfache Handhabungs- und Anpassungsfähigkeit der Modelle
- Objektorientierte Strukturen
- Hardwareunabhängigkeit
- Freie Datenbankwahl

Betrachten wir z.B. die rückgekoppelte Entscheidungsfindung. Durch sie kann neben der Basis einer Entscheidungsfindung auch der Fortschritt einer Entscheidung verfolgt werden, der Umsetzungsgrad und Ergebnisse aufzeigt und für weitere Entscheidungen erneut eine Basis aufbereitet. Die Abbildung 1.1 zeigt die Entscheidungsrückkopplung. Wenn der Vorgang von dynamischen Entscheidungsprozessen in der Gruppe abgebildet werden kann, bekommen die Benutzer eines solchen Systems zusätzliche Unterstützung. Der Entscheidungsvorgang wird damit effizient und transparent umgesetzt mit möglichst wenig Reibungsverlusten. Ob dieses System manuell oder maschinell realisiert wird, ist hierbei von unwesentlicher Bedeutung.

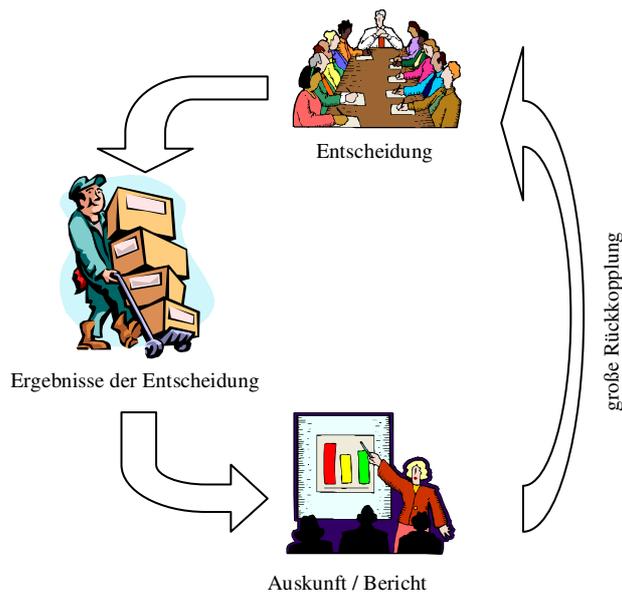


Abbildung 1.1: Die Entscheidungsrickkopplung

Ein gutes Entscheidungssystem muss einer hohen Dynamik von Softwareanpassung unterworfen sein. Aus diesem Grund müssen Programmteile auch während des Einsatzes veränderlich sein. Einfache und rapide Entwicklungsumgebungen und -werkzeuge für die Softwareerstellung sollen es dem Programmierer ermöglichen, mit geringem Zeit- und Ressourcenaufwand Module aufzubauen, zu programmieren und umzusetzen. Allerdings werden bei den am Markt vorkommenden Produkten hohe Anforderungen an die Programmierkenntnisse der Benutzer gestellt und nicht zuletzt leisten die Produkte nicht das, was für ein Entscheidungsunterstützungssystem sinnvoll und notwendig ist, wie z.B. die freie Verbindungsfähigkeit mit allen Datenbanken bzw. die Offenheit der Datenbankschnittstelle, die realisiert werden soll.

Die Ansätze für ein offenes Konzept der Software enthalten nicht nur die Anpassung und Umsetzung der Wünsche und Forderungen der Endbenutzer sondern auch Anpassung an sich stetig ändernde Hardwareumgebungen, wie Rechnernetz-Architekturen, z.B. Client-Server-Architektur.

Weil komplexe Systeme auch für die weitere Anpassung und das Software-Engineering handhabbar bleiben müssen, gewinnen offene Systemarchitekturen im Vergleich zu den vergangenen Softwareansätzen große Bedeutung.

In Kombination des rückgekoppelten Modells und der offenen Softwarekonzeption wird ein Softwaresystem für die Entscheidungsunterstützung entwickelt, es leicht in die Softwareumgebung von Produktionsbetrieben integrierbar ist und vom Endbenutzer anpassbar und leicht zu beherrschen ist.

1.2 Zielsetzung

Die bisherigen Softwareansätze haben nicht zum Ziel geführt. Die vorhandene Entscheidungsunterstützungssysteme auf dem Markt sind entweder zu kompliziert zu beherrschen (wie z.B. „Business Intelligence“ von SAP AG) oder nur für einige spezielle Bereiche entwickelt, deshalb kann der Benutzer eines Informationssystems noch nicht einfach, schnell, flexibel und ohne Anforderungen an seine Vorkenntnisse ein System oder ein Model zur Entscheidungsunterstützung erstellen.

Mit heutigen leistungsfähigen Softwareentwicklungsmethoden wie RAD (Microsoft Visual Studio, Eclipse, Delphi usw.) oder die Entwicklungsumgebungen der Datenbankhersteller kann ein Endbenutzer seine eigene, an seinem Unternehmensmodell orientierte Lösung noch nicht aufbauen. Die Anforderungen an den Programmierer sind umfassend und folgende Fähigkeit und Kenntnisse sind für Programmierer notwendig:

- Verständnis vollständiges Systems,
- Kenntnis des Datenbanksystems,
- Kenntnis der Abfragesprache
- Kenntnis der Programmiersprache,
- Kenntnis der Programmierung der Grafikoberfläche,
- und Kenntnis der Web-Technologie.

Aber solche Anforderungen sind für Entscheidungsträger deutlich überfordert und unnötig. Für Entscheidungsträger müssen alle diese Voraussetzungen entfallen. Die Entscheidungsmodelle oder Entscheidungssysteme müssen einfach zu benutzen sein.

In dieser Arbeit soll ein Softwaresystem zur Entscheidungsfindungshilfe entwickelt werden. Es soll ein prägnantes, für komplexe Zusammenhänge geeignetes Softwaresystem sein, eine benutzerfreundliche Oberfläche haben und die Erstellungen der Applikationsmodellen unterstützen. Es soll einfach zu benutzen sein und nicht nur für spezielle Gebiete sondern flexibel im Unternehmen angewendet werden können. Am wichtigsten soll es in einer ganzheitlichen Konzeption folgende einschlägige Konzepte aus den Aspekten

- Unternehmensmodellierung
- Entscheidungsunterstützung
- Datenbankmanagement
- Datenüberwachung und -analyse
- Teamwork
- Web-Funktion

einbeziehen.

Die Datenüberwachung und -analyse ist die Basis der Entscheidung. Als ein allgemeines Softwaresystem soll das in dieser Arbeit entwickelte Entscheidungsunterstützungswerkzeug mit beliebigen Datenbanken verbinden können, um die Betriebsdaten zuzugreifen. Außerdem soll es einige Funktionen anbieten, um die Daten zu bearbeiten und zu konzentrieren.

In manchen Fällen ist das Teamwork ganz wichtig für die Entscheidungsfindung, weil die Gruppenentscheidung normalerweise eine höhere Qualität der Entscheidung bringt. Deshalb bei der Entwicklung des Systems müssen solche Fälle berücksichtigen werden. D.h. das System soll auch die Gruppenentscheidung unterstützen.

Die Darstellung der Praxisbeispielen soll zeigen, dass eine als Generator entwickelte Software dem Anwender das bislang erhoffte Werkzeug in die Hand gibt, um sein eigenes Entscheidungssystem zu entwickeln, ohne Verletzungen in der Systemintegrität des Unternehmens zu verursachen. Mit dem Entscheidungsunterstützungssystem kann der Benutzer Multidimensionsgrafiken definieren und erzeugen, die in Analysen und Diagnosen angewendet werden.

2 Ausgangssituation

2.1 Geschichte und heutige Lage des Entscheidungsunterstützungssystems

2.1.1 Wissenschaftsrechnung

Computer wurden ursprünglich in der Zahlenrechnung der mathematischen Problemen in Wissenschaft und Ingenieurwesen angewandt. Die Zahlenrechnung umfasst drei Phasen: die Erstellungsphase des mathematischen Modells, die Erstellungsphase der Rechnungslösung, die Realisierungsphase im Computer. Die Methoden der Zahlenrechnung sind normalerweise sehr kompliziert und vielfältig, z.B. das Zahlendifferential und -integral, die normale oder partielle Differentialfunktion, die Linearalgebrafunktion, die Finite-Elemente-Methode, usw. Der Schwerpunkt der Zahlenrechnung ist die Rechnungsexaktheit.

2.1.2 Datenverarbeitung

Die Computeranwendung hat sich seit den sechziger Jahren von der Zahlenrechnung in die Datenverarbeitung gewandelt. Die Datenverarbeitung enthält die Sammlung, die Speicherung, den Nachschlag, die Bearbeitung, den Austausch und die Übertragung der Daten. Der Zweck ist dabei, die wichtigen Daten aus umfangreichen unterschiedlichen Daten herauszuziehen, um sinnvolle und wertvolle Ergebnisse zu berechnen.

EDV (Elektronische Datenverarbeitung) ist die Datenverarbeitungsweise mit Computern. Sie verwendet folgende Techniken:

1. Eingeben und Sammeln der Daten
2. Analysen und Verarbeiten der Daten. Typische Operationen sind Klassifizieren, Ordnen, Rechnen und Zusammenfassen.
3. Speichern und Nachschlagen der Daten. Die Original-, Zwischen-, und Enddaten können im Datenbanksystem oder Dateisystem gespeichert und zu jeder Zeit effektiv nachgeschlagen werden.

4. Ausgeben und Übertragen der Daten. Nach der Verarbeitung der Daten wird das Ergebnis durch gedruckte oder auf dem Bildschirm dargestellte Dateien, Grafiken, Tabellen, Protokolle ausgegeben und übertragen.

EDV kann für folgende Zwecke eingesetzt werden:

1. Für Computerprogramme mit speziellen Datenverarbeitungsaufgaben.
2. Sie wird auch bestimmten Gebiet angewandt, wie z.B. in Handel, Banken, oder Lagermanagement.
3. Sie orientiert sich an unteren Führungsebenen.

2.1.3 Management Information System

Bis 1965 war es sehr kostspielig, um ein großes Informationssystem zu errichten. Danach ermöglichte es die Entwicklungen des IBM Systems 360 und anderer leistungsfähigerer Mainframesysteme, ein praktischeres und kosteneffektiveres Management Information System (MIS) in den großen Firmen zu entwickeln. Mit den strukturierten, periodischen Reporten konzentrierte MIS sich auf die Reduzierung der Versehen im Management. Die Angestrebt wird die völlige Vermeidung der Versehen. Meisten negativen Informationen von MIS kamen aus den Buchhaltungs- oder Buchungssystemen. MIS war das Kombinationsergebnis von Managementwissenschaft und Computertechnik. Es hatte die Datenverarbeitung als Basis und wurde durch eine große Datenbank unterstützt. Die Rechnerarchitektur von MIS war durch so genannte Main-Frame-Rechner geprägt. Alle Anwendungen konnten weder vom Benutzer gepasst werden noch in einer verteilten Systemumgebung definiert werden. Die Main-Frame-Architecture besteht aus einem sehr leistungsstarken Hauptrechner, an den Bildschirme ohne eigene Intelligenz, d.h. Prozessor angeschlossen werden. Die Programme sind meist in Module unterteilt und laufen auf dem Hauptrechner ab. Eine Anpassung der Programme an die Anwender ist nur durch sehr hohen Aufwand und oft nur durch spezielle Dienstleister umsetzbar. Die Datenspeicherung erfolgt in den von der Standardsoftware geforderten Formaten, bei dem kein Standard eingehalten wird. Der Daten-

zugriff und vor allem die Datenpräsentation sind relativ rudimentär und müssen nachbearbeitet werden.

MIS hat Computersysteme für den Anwender entwickelt, um die Managementinformationen zu sammeln, zu übergeben, zu speichern, zu verarbeiten, zu wahren und zu gebrauchen. Aus dieser Absicht entstand ein System aus vereinzelt Informationen zusammengefasst zu einem vollständigen Informationssystemkonzept, deswegen ist die Leistungsfähigkeit der Informationsverarbeitung erhöht und das Managementniveau verbessert.

Normalerweise hat MIS zwei Filialsysteme: das Funktionssystem und das Unterstützungssystem. Das Funktionssystem ist ein Managementsystem, und kann in das Produktionsmanagement, das Marktmanagement, das Finanzmanagement, das Lagerbestandsmanagement und das Verwaltungsmanagement eingeteilt werden. Je nach Aufgaben haben sie eigene Funktionalitäten. Das Unterstützungssystem enthält das Computersystem und das Kommunikationssystem, davon ist das Datenbanksystem (umfasst Datenbank und Datenbankmanagement) von wichtigster Bedeutung. Deshalb verlangt es von Entwickler eines MIS sehr gute Kenntnisse der Datenbanksprache. Mit Datenbanksprachen werden komplizierte Datenbearbeitungsfunktionen realisiert, wie z.B. Dateneingaben, -erkundigungen, -erneuerungen, -statistik, -bewahrung, -kommunikation, -sicherung, -wiedergabe usw..

2.1.4 Unternehmensforschung und Managementwissenschaft

Mathematik, Mikroökonomie und empirische Verhaltensforschung sind Grundlagen der Entscheidungstheorie. Die Unternehmensforschung, welche die Methoden der Mathematik und der Wirtschaftswissenschaften verbindet, gilt als methodische Grundlage der Entscheidungsunterstützung. Sie ist die Erarbeitung von Modellen auf mathematischer Grundlage für die Planung in Wirtschaftsunternehmen. Damit kann man unter begrenzten Bedingungen der Arbeitskraftreserven, materielle Ressourcen, und Finanzkraft rationell beschaffen und verteilen. Managementwissenschaft verwendet mathe-

matische, statistische und unternehmensforschende Prinzipien und Methoden, erstellt mathematische Modelle und simuliert Managementaktion mit Hilfe von Computern. Darüber hinaus liefert sie eine wissenschaftliche Fundierung für Management und Entscheidung.

Im September 1940 wurde, unter der Führung des Physikers P.M.S Black, das erste Unternehmensforschungsteam in England gegründet. [Domschke/Drexl, 2002] Im zweiten Weltkrieg hat dieses Team zahlreiche Forschungen durchgeführt, wie z.B. das Orten von U-Booten und die Organisation einer effektiveren Bombardierung, usw. Im Jahr 1947 hat G. B. Dantzig die lineare Programmierung und damit die allgemeine Lösung, mit dem so genannten „Simplexverfahren“ gefunden. In den fünfziger Jahren wurden die Grundmethoden der Managementwissenschaft gelegt. Im Jahr 1953 wurde in den USA das IMS (Institute of Management Sciences) gegründet. Am Ende der fünfziger Jahre haben viele amerikanische Unternehmen die Unternehmensforschung in Wirtschaftsführung und Verwaltung angewandt, um Produktionsplanungen zu optimieren, Güter zu lagern, Ressourcen zu verteilen, Anlagen zu erneuern und Aufgaben zuzuteilen. Intensive Forschungen haben die solide Basis der Entscheidung gelegt.

In den 60er und 70er Jahren galt die Unternehmensforschung als fortschrittlichste und leistungsfähigste Art der Entscheidungsunterstützung. Bei der Unternehmensforschung wird unter Anwendung mathematischer Modelle das Problem bzw. der Handlungs- oder Entscheidungsraum dargestellt. Mit Algorithmen oder Heuristik wird dieses Gebiet analysiert oder nach Lösungen gesucht. Sind schon Zielfunktionen gegeben, werden diese nach der optimalen Lösung durchsucht. Häufig verwendete Algorithmen sind die Linearprogrammierung oder der Simplex-Algorithmus. Allerdings ist eine klassische input-output-orientierte Unternehmensforschungsanwendung zur heutigen Zeit nicht mehr für eine direkte Entscheidungsunterstützung geeignet. Mit der Unternehmensforschung werden aber noch Teile der Wissensbasis eines Decision Support Systems aufgebaut. Der Grund, dass die Unternehmensforschung als reine Entscheidungsunterstützung sich nicht durchsetzte, lag in der Tatsache, dass die Expressivität für den reinen Mathematiker zwar relativ einfach aber für die Entscheidungsträger und

-berater zu kompliziert war. Daher muss die Benutzeroberfläche des Decision Support Systems auf den typischen Entscheidungsberater ausgelegt werden.

2.1.5 Entscheidungsunterstützungssystem (EUS)

Das Entscheidungsunterstützungssystem, nämlich das Decision Support System (DSS), hat sich aus der Unternehmensforschung und dem MIS als Basis entwickelt. Manche Entscheidungsunterstützungssysteme enthalten auch Methoden der Unternehmensforschung. Die Hauptaufgabe von MIS in solchen Systemen ist, die umfangreichen Daten zu verarbeiten. Der Schwerpunkt der Unternehmensforschung ist, die mathematischen Modelle zu erstellen, um den Entscheidungsträgern zu helfen, richtige Entscheidungen zu treffen. Mit der Entwicklung der Techniken werden die zu lösenden Probleme immer komplizierter und die betreffenden Modelle immer zahlreicher. Die Modelltypen haben sich von mathematischen Modellen zu Datenverarbeitungsmodellen erweitert. Es ist ganz normal, dass ein großes zu lösendes Problem zahlreiche Modelle braucht. Vor dem Auftreten des EUS für unterschiedliche Modelle zur Lösung von Entscheidungsproblemen konnte man nicht umhin, eine manuelle Verbindung zwischen den Modellen und die Anpassung an die Modelle herzustellen. Die Anwendung des EUS ersetzt die manuelle Arbeit. Mit der Hilfe von Computern kann die Bearbeitung der Modelle automatisch erfolgen. Er organisiert und koordiniert, um umfangreiche Daten der Datenbank zu speichern. Sie werden geholt und verarbeitet, um bessere Entscheidungshilfen zu gewinnen.

Gerade, was die Integration des Modellarchivs und des Modellverwaltungssystems betrifft, hat EUS enorme Fortschritte gemacht. EUS hat nicht nur umfangreiche Modelle (mathematische Modelle und Datenverarbeitungsmodelle) erfolgreich organisiert und gespeichert sondern auch die organische Verbindung von Datenbank und Modellbank aufgebaut. Sowohl MIS als auch Zahlenrechnungen sind in den Modellen erhalten. EUS umfasst so viele verschiedene Technologiegebiete, obwohl seine Entwicklungsgeschichte nicht kontinuierlich und linear verlaufen ist. Unterschiedliche Leute

haben immer das Feld unter verschiedenen Gesichtspunkten wahrgenommen, und so berichten sie über unterschiedliche Meinungen, was geschah und was wichtig war. Entscheidungsunterstützungssysteme wurden frühzeitig im Zeitalter der verteilten elektronischen Datenverarbeitung entwickelt. Die Entwicklungsgeschichte eines solchen Systems beginnt ca. im Jahr 1965. Das war ein wichtiger Anfang. Alle Ideen, Personen, Systeme und Technologien wurden zusammengefügt zum wichtigen Gebiet der angewandten Informationstechnologie.

Seit den achtziger Jahren ist EUS ein sich rapide entwickelnder Wissenschaftszweig. Am Anfang der siebziger Jahre wurde in Amerika von M.S.Scott Morton in seinem Beitrag der Begriff >>Management Decision System<< zuerst aufgestellt. Scott Morton hatte sich in den Jahren 1966/67 damit befasst, wie Computer und analytische Modelle Managern helfen könnten, eine Schlüsselentscheidung zu treffen. Er leitete ein Experiment, in dem Manager wirklich ein Management Decision System (MDS) benutzten. Marketing- und Produktionsmanager verwendeten ein MDS, um eine Produktionsplanung für Wäschereiausrüstung zu koordinieren. In den späten sechziger Jahren wurden neuartige Informationssysteme entwickelt, z.B. das modellorientierte EUS und andere Unternehmensentscheidungssysteme. Zwei DSS-Pionier, Peter Kenn und Charles Stabell, entwickelten das Konzept der Entscheidungsunterstützung. „The theoretical studies of organizational decision making done at the Carnegie Institute of Technology during the late 1950s and early '60s and the technical work on interactive computer systems, mainly carried out at the Massachusetts Institute of Technology in the 1960s.“ [Kenn/Morton, 1978].

In den 80er Jahren entstanden mit der Entwicklung der so genannten „Künstlichen Intelligenz“ die Expertensysteme. Bei diesen regelbasierten Systemen wurde aufgrund von Erfahrungswissen, das in Form von „Wenn -dann -Regeln“ dargestellt wurde, Hypothesen getestet. Auf dieser Basis ist es möglich, Ziele zu suchen, die bei bestimmten Voraussetzungen noch zu erreichen sind. Es können aber auch die nötigen Voraussetzungen ermittelt werden, die man braucht um gegebene Ziele zu erreichen.

Zudem entstand in den 80er Jahren das Downsizing der Datenbanken, welches es möglich machte, die Datenbanktechnologie auf die Arbeitsplatzrechner zu übertragen. Dadurch konnte man Datenbankabfragen spontan und interaktiv tätigen, und die Ergebnisse in Reporting Systemen darstellen. Pioniersysteme diesbezüglich waren dBase, ACCESS, Lotus 1-2-3, Symphony, Framework, etc. Solche Programme ermöglichten es, Informationen aus den Datenbanken schnell und anschaulich für die Entscheidungsunterstützung bereitzustellen. Stark verbessert wurde auch die grafische Benutzeroberfläche, das so genannte GUI (Graphical-User-Interface), auf Basis von windowsähnlichen Darstellungen. Mit Ausstattung der Programmier- bzw. Makrosprachen und eigener Datenbank soll der Benutzer sein eigenes System programmieren. Die Schnittstellenproblematik und die erforderliche Vorkenntnisse zur Programmierung führen den Anwendern solcher Systeme klar vor Augen, dass ein Andocken eines PCs an die Datenvolumen von Großrechnern keinesfalls trivial und damit einfach umgesetzt werden kann. Sie sind aber für die Integrität des gesamten Systems von einschneidender Wichtigkeit. Redundante Daten werden besonders von der Führungsebene des Unternehmens unbewusst in ihrer Arbeit aufgenommen, und Jahre nach der Aufnahme des unnützen Datenüberflusses sind der Schaden innerhalb der Systemstruktur und in der Organisation kaum noch zu begrenzen. Eine Phase zum Reorganisieren ist oft ohne Chancen auf Erfolg und ein Neudesign ist unumgänglich.

Ralph Sprague und Eric Carlsons Buch "Building Effective Decision Support Systems"[Sprague/Carlson, 1982] war ein wichtiger Meilenstein. Es erklärt den Spragues EUS Rahmen der Datenbank-, Dialogerzeugungs- und Managementsoftware[Sprague, 1980]. Es lieferte auch einen praktischen, verständlichen Überblick für Organisation und Aufbau eines EUS.

Mit der Entwicklung der Datenbanken entstanden auch die Spread Sheets. Mit dieser Tabellenkalkulation war es möglich, ohne große Programmierkenntnisse „Was-wäre-wenn-Kalkulationen“ und Simulationen aufzubauen und anzuwenden. Da der Umgang mit der Tabellenkalkulation recht einfach und übersichtlich war, erlebte die Entscheidungsunterstützung mit den Spread Sheets einen neuen Aufschwung. Allerdings ist die

Resultatdarstellung nur auf zwei Dimensionen der Ebene ausgelegt. Unter diesen Bedingungen lassen sich jedoch die zu modellierenden quantitativen oder logischen Zusammenhänge nicht effizient und anschaulich genug darstellen, so dass mit zunehmendem Umfang und zunehmender Komplexität die Übersicht der Zusammenhänge verloren geht. Dadurch ist das Wissen über die Zusammenhänge der Spreadsheets schwierig auszuwerten und nicht einfach wieder zu verwenden.

So entstanden Mitte der 80er Jahre Modellierungsumgebungen, also mathematische Modellersysteme, welche eine effizientere Darstellung des Wissens über Zusammenhänge ermöglichte. Tools wie GAMS (General Algebraic Modeling System), LPL (Eine mathematische Modellersprache) oder AMPL (A Modeling Language For Mathematical Programming) gehörten zu dieser Softwarekategorie. Mit Hilfe dieser Modellierungsumgebungen wurde es möglich, Modelle so darzustellen, dass Wissensbasen in fallspezifisches Faktenwissen und fallunabhängiges Wissen über Zusammenhänge getrennt werden können, so dass die methodische Basis der Wissensdarstellung verbessert wurde und die Kosten erheblich gesenkt werden konnten.

Zudem wurde dem Entscheidungsberater der Zugang zum Faktenwissen durch die Auslagerung der Daten aus den Modellen in die Datenbanken erleichtert. Allerdings wurde ihm dadurch auch die Einsicht in die Zusammenhänge oder die Pflege dieses Wissens verbaut.

1984 wurde ein System, das PLEXSYS genannt wurde, entwickelt. Die erste durch den Service von PLEXSYS computergestützte Gruppensitzung wurde an der Universität von Arizona durchgeführt. Der erste Service, genannt das PlexCenter, wurde in einer großen U-förmigen Konferenztafel mit 16 Computerworkstations untergebracht. PLEXSYS stellte die Grundlage für die Entwicklung der Universität von Arizona GroupSystems Software zur Verfügung. Seit der Mitte der 80er Jahre haben viele Forschungen die Auswirkungen und Konsequenzen der Gruppe EUS überprüft. Also eine Anzahl von Firmen haben Gruppen-EUS und groupware in den Handel gebracht.

Vom Jahr 1990 an setzen sich Bill Inmon und Ralph Kimball aktiv und überzeugend dafür ein, dass EUS mit Technologien der relationalen Datenbasis errichtet wurden. Für viele MIS Benutzer waren die mit Oracle oder DB2 als Basis erstellten EUS das einzige Entscheidungsunterstützungssystem, das man in der gängigen Computer Literatur genannt hat. Modellgetriebene EUS wurden zwar auf dem Gebiet der Unternehmensforschung angewandt, waren aber nicht Teil eines Informationssystems. Ralph Kimball war „der Doktor von DSS“ und Bill Inmon war der „Vater von Data Warehouse“. Inmon definierte Entscheidungsunterstützungssysteme als „a system used to support managerial decisions“. „Usually DSS involves the analysis of many units of data in a heuristic fashion. As a rule, DSS processing does not involve the update of data.“ [www.billinmon.com]

Mit Beginn und Mitte der 90er Jahre verschärfte sich die Problematik der Software- und Datenintegration zunehmend. Die unterschiedliche Datenspeicherungsformaten entstanden an unterschiedlichen Plattformen: hierarchische Strukturen, relationale Formate, als COBOL-Datenset, in Formaten der Office-Pakete, usw., und unformatierte Textdateien. Große Mengen von Ressourcen und Zeit werden immer noch eingesetzt, um tägliche Datenoperationen zu bewältigen.

Maßnahmen der Systemrestrukturierung werden zunächst im Downsizing versucht. Ziel ist es, das System auf eine handhabbare Größe und Transparenz zu bringen. Nachdenkliche und enttäuschte Manager entschließen sich, in Ausnahmefällen das Herz des Unternehmens, die Datenverarbeitung, in die Hände von Drittanbietern zu geben. Der Stress permanenter Systemumstrukturierungen soll nicht mehr getragen werden.

Wegen des immer größeren Kostendrucks werden Rationalisierungen auf organisatorischer Ebene mit Namen Lean-Management in den Unternehmen propagiert und von den Managern selbst durchgeführt. Nicht erkannt werden die große Herausforderung und der Bedarf, mit mehr Personalkapazität die EDV-Strukturen für die Zukunft aus-

zurichten. So wird ein Innovationsschub durch Vorstellung aus anderen wirtschaftlich-kulturellen Umgebungen, hier Nordamerika, eingeleitet.

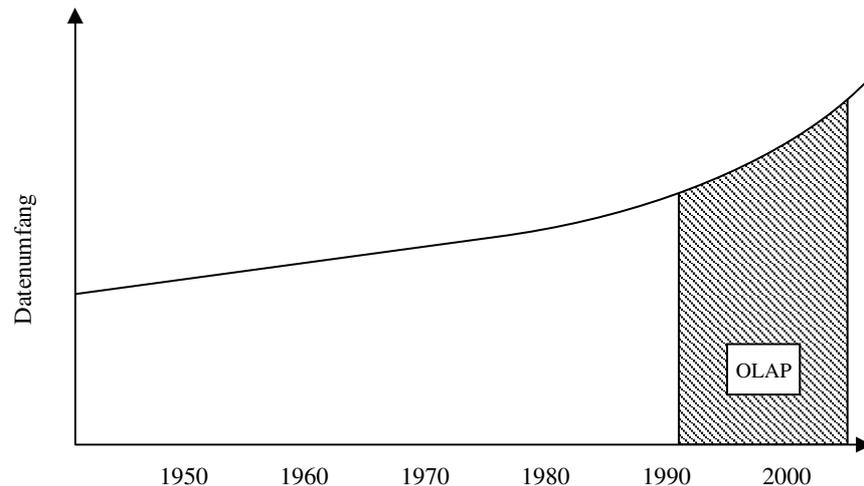


Abbildung 2.1: Datenvolumen OLAP

In den frühen neunziger Jahren trat eine Haupttechnologieverschiebung von Mainframe-gegründetem EUS zu client/server-basierter EUS auf. Einige Werkzeuge des Schreibtisches OLAP (Online Analytical Processing) wurden während dieses Zeitabschnitts eingeführt. Die Abbildung 2.1 zeigt die Änderung der Datenvolumen von OLAP. 1992/93 empfahlen einige Anbieter objektorientierte und mehrfachverwendbare Technik in die Entscheidungsunterstützung einzusetzen. 1994 begannen viele Firmen ihre Netzinfrastrukturen zu verbessern. DBMS-Verkäufer "erkannten, dass die Entscheidungsunterstützung unterschiedlich zu OLTP (On-Line Transaction Processing) war und begannen reale OLAP Fähigkeiten in ihre Datenbanken einzuführen" [Powell, 2001]. Der Vorgänger von OLAP, die OLTP-Systeme, werden für die automatisierten, im täglichen Einsatz anfallende Datenoperationen entwickelt, um diese Vorgänge möglichst schnell, sicher und effizient durchzuführen. Eine Analyse der Daten für eine Entscheidungsunterstützung ist mit dieser Art von System jedoch nicht möglich. Ad hoc -Anfragen an das System können von OLTP nicht sinnvoll in der zur Verfügung stehenden Zeit, meist im Minutenbereich, und vom Anwender selbst be-

reitgestellt werden. Das Konzept des Data-Warehouse soll dies ändern. Die Abbildung 2.2 zeigt ein Data-Warehouse-System. Ein Data-Warehouse ist eine zentrale Datensammlung (meist eine Datenbank), deren Inhalt sich aus Daten von unterschiedlichen Datenquellen zusammensetzt. Die Daten werden von den Datenquellen in das Data-Warehouse kopiert und dort vor allem für die Datenanalyse und zur betriebswirtschaftlichen Entscheidungshilfe in Unternehmen langfristig gespeichert. Der Begriff stammt aus dem Informationsmanagement in der Betriebswirtschaft. Bei der Erstellung eines Data-Warehouse handelt es sich um eine Form der materialisierten Informationsintegration. Einmal in dieses Data-Warehouse geladene Daten bieten dem Anwender bzw. dem Entscheidungsträger einen einfachen und schnellen Datenzugriff, der Entscheidungsträger kann jederzeit alle im Data-Warehouse vorhandenen Daten analysieren. Mit Data-Warehouse wird die Idee verfolgt, alle Daten eines Unternehmens von verschiedenen Stellen aus ansprechen zu können, obwohl sie in unterschiedlichsten Anwendungen integriert sein können. An dieser Stelle greifen auch die in vorherigen EUS entstandenen Front-End-Tools. Sie sind nun fester Bestandteil der EUS geworden und die Programmbedienung und Handhabung erfolgt vom Endbenutzer mit Programmiererfahrung und Systemkenntnis.

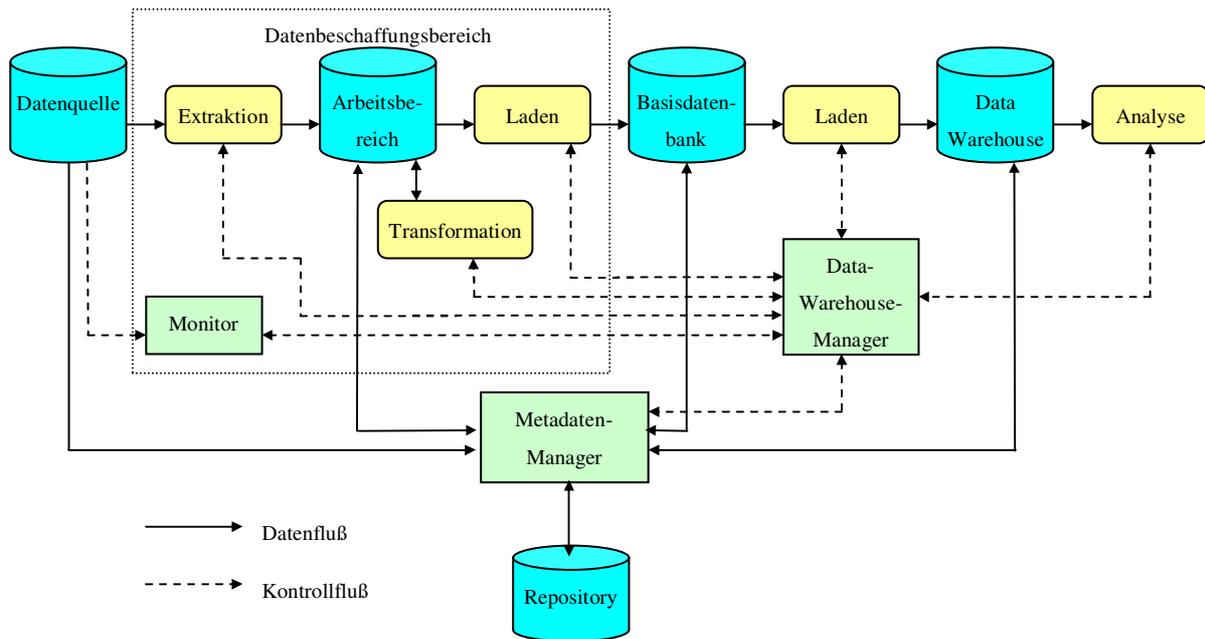


Abbildung 2.2: Ein Data-Warehouse-System

Danach haben Data-Warehouse und das Internet das Interesse des Praktikers und Akademikers erweckt, die an Entscheidungsunterstützungstechnologien interessiert waren. Netz-basiertes und Netz-ermöglichtes EUS wurde ungefähr 1995 durchführbar [Bhargava/Power, 2001].

1999 war das Jahr des Webs. Ein großer Teil der Unternehmen stellte ihre Web-basierten analytischen Applikationen vor. Viele DBMS Verkäufer verschoben ihren Fokus auf Web-basierte analytische Applikationen. Seit 2000 bieten Applikationsdienstleister Applikationssoftware und technische Infrastruktur für Entscheidungsunterstützungshilfen an. 2000 war auch das Jahr der „portals“. Mehrere höher entwickelte "enterprise knowledge portals" wurden von den Verkäufern eingeführt, die Informations-portals, Wissen Management, Geschäftsintelligenz und Kommunikations-gefahrener EUS in einer integrierten Netzumgebung kombinierten.

Power definierte ein Web-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem als automatisiertes System, das Entscheidungsunterstützungsinformationen oder Entscheidungsunterstützungswerkzeuge an einen Manager oder einen Geschäftsanalytiker mit einem

"thin-client" Webbrowser wie Netscape Navigator oder Internet Explorer liefert. [Power, 1998] Der Computerserver, der die EUS Anwendung ermöglicht, wird mit dem Computer des Benutzers durch ein Netz mit dem TCP/IP Protokoll verbunden. Die Idee der Web-ermöglichten oder Web-basierten Entscheidungsunterstützungssysteme als Dienstleistungen ist von den verschiedenen Forschern erforscht worden und bezieht das Konzept der Berechnungstechnologien der Entscheidungsanbieter als Services am Web ein. Diese Dienstleistungen konnten prinzipiell für jedermann mit einem Problem zugänglich sein, vorausgesetzt er besaß einen Internet-Anschluss. Auf einem höheren Niveau der Organisation bezieht das Konzept des Web EUS die Kreation eines elektronischen Marktes der Entscheidungstechnologien ein. Dieser Markt bringt Dienstleistungen für Verbraucher mit gleichen oder ähnlichen Interessen und Dienstleistungen für Versorger und Netz-ermöglichte Entscheidungsberechnungen zusammen und stellt sie zur Verfügung. Web-ermöglichte Entscheidungsberechnungen würden die Entwicklung der Entscheidungsunterstützungssysteme erlauben. Bestandteile von verschiedenen Quellen könnten schnell kombiniert werden und anwendungsspezifische Lösungen als Paket liefern.

Zahlreiche Frameworks oder Typologien sind für die Organisation unseres Wissens über Entscheidungsunterstützungssysteme vorgeschlagen worden [Power, 2000]. Zwei oft angewendete Lösungen für das Liefern der Entscheidungsunterstützung sind datengetriebene EUS und modellgetriebene EUS. Datengetriebene EUS helfen Managern mit Datenbankfragen, OLAP Techniken und Data-mining Werkzeugen, große Ausgaben der relevanten Daten zu organisieren, zu synthetisieren und zurückzuholen. Modellgetriebene EUS verwendet formale Darstellungen der Entscheidungsmodelle und bietet analytische Unterstützung mit den Werkzeugen der Entscheidungsanalyse, der Optimierung, des stochastischen Modellierens, der Simulation, der Statistiken und des Logikmodellierens an. Auch drei andere Lösungen finden starke Verbreitung und bringen dank der Netztechnologien eine weitere Verfeinerung des EUS. Kommunikationsgetriebene EUS beruhen auf elektronischen Kommunikationstechnologien. Sie ermöglichen es mit relevanten Informationen und Werkzeugen unterschiedliche Entscheidungsträger zu verbinden, die räumlich oder zeitlich getrennt sind. Das Web hat

diese Technologie erweitert. Wissensgetriebene EUS können Managern Tätigkeiten vorschlagen oder empfehlen. Die Netzhilfen liefern diese Art von EUS an ein viel ausgedehntes Publikum der Entscheidungsträger. Schließlich integrieren Dokumentgetriebene EUS eine Vielzahl der Ablage- und der Verfahrenstechniken, um Managerdokumentenretrieval und Analyse zur Verfügung zu stellen. Web-basiertes EUS ist ein "heiβes" Thema. Das Konzept der Entscheidungsberechnung als Service ist auch bei der kommerziellen Software-Industrie angenommen worden, wie im Konzept von Asp gezeigt (application service providers) und E-services (eine Bezeichnung verwendet von Hewlett-Packard). Heute bieten manche Firmen anwendungsspezifische EUS Services für spezifische Industriegewerbe oder für Firmen an. Z.B. stellt OptAmaze.com Papierordnungsoptimierungs- und Transportoptimierungsdienstleistungen zu den Papiermühlen ihrer Website zur Verfügung.

Die neue Popularität und der weitverbreitete Gebrauch des World Wide Web und des Internets ist von der Entwicklung einer Vielzahl der rechnenden Technologien begleitet worden, die die Realisierung des "Entscheidung Technologien als Service-" ermöglichen. Viele Forscher diskutieren über die mögliche Rolle von Technologien im modellgetriebenen EUS:

- Benutzen des Webs für Austausch der Entscheidungsinformationen;
- Entfernter und plattformunabhängiger Zugang zu EUS;
- Verteilung der EUS Bestandteile über das Web.

Fraternalis beschriebene Webtechnologien im Kontext von EUS basieren auf geografischen Informationssystemwerkzeugen. Fourer und Goux beschrieben das Konzept der Optimierung als Internet-Service und verschiedene alternative Weisen solcher Berechnungen. [Fourer/Goux, 2001]

Wie Bhargava und Krishnan diskutieren, können Web-basierte Technologien durch Berechnungen auf der Server-Seite die Plattformunabhängigkeit und den Universalzugang der Entscheidungsträger ermöglichen, allgemeine Technologien schließen CGI (Common Gateway Interface), Java-Applikationen, Server-Seite Scriptsprachen, Acti-

ve Server Pages and Java Server Pages ein. Durch Berechnung auf der Client-Seite können mehrere Funktionen in den Benutzerschnittstellen realisiert werden, wie z.B. Scriptsprachen, Java applet, ActiveX controls und Browser Plugins. [Bhargava/Krishnan, 1998]

Ende der 1990er Jahre wurde der Begriff „Business Intelligence“ eingeführt, der Systeme zur Durchführung komplexer betriebswirtschaftlicher Analysen beschreibt. [Egger/Fiechter/Kramer/Sawicki/Straub/Weber, 2006] Business Intelligence ist zwar ein sehr wichtiges Entscheidungsunterstützungswerkzeug, aber „eine präzise und allgemeingültige Definition der Wortschöpfung »Business Intelligence« (kurz: BI) gibt es bislang nicht.“ [Schober, 2006] In den letzten Jahren wurde Business Intelligence sehr schnell entwickelt. Mit der steten Einführung der neuen Technologien kann Business Intelligence ein breites Spektrum an Anwendungen und Technologien umfassen.

Alles zusammengenommen stellen diesen rechnenden Technologien beträchtliche Möglichkeiten dar, wie sich die Entscheidungsunterstützungssysteme entwickeln und entfalten werden.

2.2 Entsprechende wissenschaftliche Fachgebiete

Viele technische Aufgabenstellungen sind aufgrund ihrer Komplexität oder ihres dynamischen Verhaltens nicht analytisch lösbar. Um diesen Aufgaben trotzdem zielgerichtet begegnen zu können, entwickelte sich der Bereich der rechnergestützten Entscheidungsunterstützung. Als umfassende Systeme haben Entscheidungsunterstützungssysteme heute viele unterschiedliche wissenschaftliche Fachgebiete und Theorien tangiert, wie z.B. Systemtheorie, Mathematik, Operations Research, Spieltheorie und Informationstechnologie. Besonders ist die Entwicklung der Informationstechnologie von immer größerer Bedeutung.

2.2.1 Systemtheorie

Durch die forschende Tätigkeit des Menschen wurde unser Wissen über die Wirklichkeit immer komplexer und damit immer weniger überschaubar. Mit zunehmendem Wissensstand entstanden in den Fachgebieten eigene Fachsprachen. Neue Begriffe entstehen, oder, was problematischer ist, gleiche Begriffe werden mit unterschiedlichen Inhalten belegt. Die Folge ist ein behinderter Informationsaustausch zwischen den Fachgebieten. „Heute stehen wir eher vor der Problematik, wie die Vielzahl der vorliegenden Analysenergebnisse wieder zu einem Ganzen zusammengefügt werden kann, als vor der Frage nach fehlenden neuen Detailanalysen“ [Heyland, 1991]. Abhilfe versucht hier die Systemtheorie zu schaffen.

„Die Idee einer allgemeinen Systemtheorie besteht nun darin, für alle Wissensgebiete, von der Kernphysik bis zur Verbrauchersozio­logie, eine allgemeingültige Grundkonzeption der Theoriebildung zu entwickeln. Damit könnten die Voraussetzungen geschaffen werden, dass zwischen den Spezialisten der verschiedenen Fachrichtungen Kommunikation stattfindet und dass vor allem auch vom System her Lücken in den Spezialtheorien offenbar werden“ [Steffen/Born, 1987].

Grundlage des systemtheoretischen Ansatzes ist die Betrachtung der Realität als System. Allgemein ausgedrückt versteht man unter einem System „eine Anzahl von Elementen, zwischen denen bestimmte Beziehungen bestehen oder zumindest hergestellt werden können. Systeme bestehen aus Beständen und Strömen an Materie, Energie und Information“ [Berg/Kuhlmann, 1993].

Ein Systemelement ist die kleinste Einheit im System. Die Systemelemente können wieder als eigene Subsysteme betrachtet werden, das System selber als Teil eines übergeordneten Systems. Die Systemgrenzen sind also ein zentrales Charakteristikum eines Systems. „Entscheidend ist, dass die Abgrenzung eines Systems nach den jeweiligen Betrachtungszielen erfolgt.“ Daraus ergeben sich dann die Systemelemente, die Systemstruktur und die Beziehungen zur Umwelt. Subsysteme entstehen, indem systemintern Elemente zusammengefasst werden, die sich durch Einheitlichkeit oder besonders enge Beziehungen auszeichnen [Steffen/Born, 1987].

Systeme, die Prozesse charakterisieren, die in der Zeit ablaufen, werden dynamische Systeme genannt. Statische Systeme beschreiben Zusammenhänge zwischen im Zeitablauf unveränderlichen Größen. Je nach der Art, mit der Systeme auf ihre Umwelt reagieren, unterscheidet man geschlossene und offene Systeme. Bei geschlossenen Systemen bestehen keine Beziehungen zur Umwelt, dagegen nehmen offene Systeme aus der Systemumwelt Strömungsgrößen – wie Materie, Energie und Information – auf, unterwerfen sie in ihrem Inneren einem Transformationsprozess und geben sie in umgewandelter Form an die Umwelt zurück. Daraus ergibt sich, dass bei geschlossenen Systemen der Endzustand eindeutig durch die Anfangsbedingungen determiniert wird, während bei offenen Systemen der gleiche Endzustand aus verschiedenen Anfangsbedingungen oder auf verschiedenen Wegen erreicht werden kann bzw. von gleichen Ausgangsbedingungen verschiedene Endzustände erreicht werden können [Kuhlmann, 1973].

Größen, die das System von außen beeinflussen, werden Inputs, solche, die das System verlassen, werden Outputs genannt. Nicht kontrollierbare Inputgrößen werden als

Umwelteinflüsse und die in ihrer Größe konstanten Inputgrößen als Parameter bezeichnet. Der Zustand eines System wird durch die Werte der Zustandsgrößen (Speichergrößen) beschrieben. Outputs sind häufig Veränderungsraten der Zustandsgrößen. [Berg/Kuhlmann, 1993].

Es können drei Grundfragestellungen des Systemansatzes unterschieden werden [Berg/Kuhlmann, 1993]:

1. Systemanalyse

Von einem real existierenden System (= vorgegebene Inputs) soll die Entwicklung von Systemzuständen und Outputs analysiert werden, „um auf diese Weise tiefere Einsichten in das dynamische Verhalten des Systems zu gewinnen. Dabei geht es vor allem darum, zu erforschen, wie Systeme auf Einflüsse und Störungen von außen reagieren“ [Berg/Kuhlmann].

2. Lenkung von Systemen

Auf der Grundlage der Systemanalyse sind „zielgerichtete und verantwortungsbewusste Handlungen im Sinne steuernder und regulierender Eingriffe“ möglich. „Konkret beinhalten diese die Wahl geeigneter Mittel in einer zweckmäßigen Dosierung, um das System in seinem Verhalten so zu beeinflussen, dass sich für Zustände und Outputs gewünschte Verläufe ergeben“ [Berg/Kuhlmann, 1993].

3. Systemgestaltung

Es soll ein System neu gestaltet werden, das bei gegebenen Inputs die angestrebten Outputs bestmöglich erreicht.

Systeme können als Modell nachgebaut werden, um so reale Abläufe simulieren zu können. „Jedes Modell stellt ebenso wie das Original ein System dar. Sie unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Komplexität und ihres Abstraktionsgrades, wobei unter Komplexität die Vielfalt von Elementen und Verknüpfungen zu verstehen ist. ... Liegt ein quantitatives Modell des realen Systems vor, so kann es zur Behandlung der ... skizzierten Fragestellungen herangezogen werden. Dabei dient das Modell

gleichsam als Labor, welches anstelle des realen Systems zur Durchführung von Experimenten herangezogen wird. Dies beinhaltet letztlich der Begriff „Simulation“ [Berg/Kuhlmann, 1993, S. 8].

Es können zwei Modelltypen unterschieden werden:

1. In Strukturmodellen, die auch White-Box genannt werden, werden auf Basis realwissenschaftlicher Erkenntnisse „die Elemente und die Struktur des realen Systems so vollständig wie möglich beschrieben“ [Berg/Kuhlmann, 1993]. Das Wissen über Ursache und Wirkungszusammenhänge zwischen den Systemelementen bildet die Grundlage der Modellkonstruktion. Hauptziel solcher Modelle ist die Erklärung von Zusammenhängen, mit dem Zweck des verbesserten Verständnisses des Systems.
2. In Verhaltensmodellen, die auch Black-Box genannt werden, wird das Verhalten des realen Systems auf der Basis formalwissenschaftlicher, mathematisch-statistischer Kenntnisse aufgebaut. „Das reale System wird dabei als Ganzheit betrachtet, ohne dass man versucht, die innere Struktur des Systems zu entschlüsseln, also Erkenntnisse über Ursache-Wirkungszusammenhänge zu erlangen“. Hauptziel solcher Modelle ist, die Prognose endogener Größen, mit dem Zweck der Steuerung und Regelung des Systems.

Das Ziel dieser Arbeit kann somit folgendermaßen beschrieben werden: Es werde Erkenntnisse aus den Fachbereichen Betriebswirtschaft und Produktionstechnik unter Verwendung der Systemtheorie in Form eines mathematischen, statistischen, offenen Strukturmodells zusammengeführt, das die Anwendung eines Rechenverfahrens erlaubt, mit dessen Hilfe eine Optimierung auf ein Ziel hin möglich ist.

2.2.2 Operations Research

2.2.2.1 Begriff des Operations Research

Operations Research war einmal ein wichtiger Schritt in der Entwicklungsgeschichte des EUS. Heute spielt es immer noch eine bedeutende Rolle in manchen Entscheidungsunterstützungssystemen, die klaren Strukturen und festen Entscheidungssequenzen unterworfen sind. Die Geschichte des Operations Research wird im Kapitel 2 beschrieben. In England bezeichnet man Operations Research als "operational research", und die Abkürzung ist O.R. Der Begriff des Operations Research wird in unterschiedlicher Weise ins Deutsche übersetzt. So finden sich Übersetzungen wie etwa „Operationenforschung“, „Planungsforschung“ oder „Unternehmensforschung“. Sie erfassen durchaus den einen oder anderen Aspekt, lösen jedoch vielfach nicht zutreffende Assoziationen aus. Deshalb hat sich letztlich die international anerkannte Bezeichnung „Operations Research“ auch im deutschsprachigen Raum durchgesetzt.

Das Operations Research lässt sich eine quantitative Analyse von Entscheidungen über Alternativen und damit als eine modellgestützte Entscheidungsvorbereitung charakterisieren. Wenn es mehrere Alternativen zur Auswahl gibt, so stellt sich die Aufgabe, durch eine Anwendung geeigneter Verfahren eine, in Bezug auf bestimmte Zielsetzungen, optimale Alternative zu ermitteln. Bei den zu untersuchenden Alternativen kann es sich z.B. um mögliche Bestellmengen eines Unternehmens oder mögliche einzusetzende Maschinenmengen für eine Produktionslinie handeln.

In der Betriebswirtschaft spielen die Phasen der Planung und Entscheidung eine wesentliche Rolle. Das Operations Research liefert die methodische Grundlage der Planung betrieblicher Abläufe. Die komplexen Abhängigkeiten und Verflechtungen wirtschaftlicher und betrieblicher Daten und Realsysteme werden mit mathematischen Modellen überschaubar dargestellt und die alternativen Handlungsmöglichkeiten im Modell quantitativ untersucht. Die am Modell gewonnenen Ergebnisse werden dann auf den Entscheidungsträger rückübertragen. Auf diese Weise können Planung und

Entscheidung auf eine quantitative Basis gestellt werden. Der Entscheidungsträger erhält Aussagen über die Wirkungen alternativer Handlungen. Der quantifizierbare Teil des Entscheidungsproblems wird transparent und die Entscheidung wird relativ überschaubar.

Beispiele der Anwendung reichen von Produktionsplanung und -steuerung, über Absatz und Beschaffung, Lagerhaltung, Transport und Verkehr, bis zur Investitions- und Finanzplanung.

2.2.2.2 Grundlage einer quantitativen Betriebswirtschaft

Zur Lösung von betrieblichen Entscheidungsproblemen hat das Operations Research in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Als Ursache für den Aufschwung ist unter anderem zu nennen, dass viele der entwickelten Methoden heute am PC unmittelbar anwendbar sind. Zudem führt ein verschärfter Wettbewerb zwangsläufig zur Notwendigkeit, vermehrt quantitative Methoden zur Optimierung knapper Ressourcen einzusetzen.

Es ist klar zu sehen, dass Unternehmen ständig agieren und reagieren müssen, um am Markt mit seinen immer neuen Herausforderungen bestehen zu können. Genau das ist eine zentrale Wurzel des Operations Research. Ein Manager leitet ein Unternehmen oder eine Abteilung, indem er Entscheidungen trifft. Auf diesen Aspekt hat Erich Gutenberg bereits 1962 in seiner Schrift „Unternehmensführung“ hingewiesen. Sollen die ein Unternehmen betreffenden inner- wie außerbetrieblichen entscheidungsrelevanten Tatbestände nicht nur beschrieben werden, sondern Ausgangspunkt für Entscheidungsprozesse sein, dann wird deutlich, dass das Treffen von Entscheidungen und die damit verbundene Entscheidungsunterstützung eine fast alle betrieblichen Bereiche tangierende zentrale Fragestellung der Betriebswirtschaftslehre sein muss.[Gutenberg, 1962]

Wie die frühe Erfahrung zeigt, brachte das Treffen von Entscheidungen vielfach Probleme, die letztlich in einer mengenmäßigen Begrenztheit von Ressourcen begründet war. Auf der einen Seite verfügen Hersteller von materiellen oder immateriellen Gütern über beschränkte, kurzfristig nicht erweiterbare Produktionskapazitäten, auf der anderen Seite sehen sich Nachfrager der genannten Güter einem beschränkten Angebot gegenüber. Um dieses Problem zu lösen, werden Forschungen zu Modellen und Methoden durchgeführt.

In Operations Research spielen sowohl die Modelle als auch die Methoden eine wichtige Rolle. Operations Research arbeitet überwiegend mit Modellen. Zur Unterstützung der Formulierung und Lösung der Modelle bedient es sich mathematischer Methoden.

- Modelle

Um obengenannte Zusammenhänge quantitativ analysieren zu können, ist zunächst eine Modellierung des zugrundeliegenden Sachverhalts erforderlich. Hierzu sind die verfügbaren Informationen zu sammeln und in einem sogenannten Entscheidungsmodell formal aufzubauen. Variablen, genauer gesagt Entscheidungsvariablen, kennzeichnen hierbei die Alternativen eines Entscheidungsmodells, Restriktionen beschreiben implizit die zulässigen Alternativen, und zu optimierende Zielfunktionen spiegeln die Zielvorstellungen wider. Modellbildung ist eine Kunst. Um ein problemadäquates Modell formulieren zu können, muss man wissen, welche Modellierungsansätze es gibt, und welche Lösungsverfahren zur Verfügung stehen bzw. ob ein neues Lösungsverfahren mit überschaubarem Aufwand entwickelt werden kann. Ein Problem, das man nicht modellieren kann, kann man auch nicht lösen.

- Lösungsmethoden

Lösungsmethoden versuchen eine gute oder die optimale Lösung zu finden. Die Anwendung von Lösungsmethoden des Operations Research basiert darauf, dass ein Problem in ein geeignetes Modell überführt wird, welches dann mit einem geeigneten Algorithmus gelöst werden kann. Entweder erfolgt die Be-

stimmung einer optimalen oder approximativen Lösung unter Anwendung konvergenter Algorithmen oder Heuristiken, oder sie verändert oder generiert selbständig in einem Optimierungsverfahren die Lösungen solange, bis die beste Lösung gefunden wurde.

Somit ist der Gegenstand des Operations Research zum einen die Modellierung zu untersuchender Problemstellungen in Entscheidungsmodellen und zum anderen die Lösung mit Hilfe geeigneter Verfahren herbeizuführen. Auf diese Weise werden die logischen Zusammenhänge einer rationalen Wahl verdeutlicht.

2.2.2.3 Anwendungsgebiet des Operations Research

Die auf Mathematik und Statistik basierenden Analysen dienen somit unter anderem dazu, dem Management eines Unternehmens, in Bezug auf ein untersuchtes Entscheidungsmodell, betriebswirtschaftliche Konsequenzen von ins Auge gefassten Maßnahmen aufzuzeigen, und damit die Entscheidungen des Managements auf unterschiedlichen Planungsebenen, wie z.B. der operativen und der strategischen Ebene, vorzubereiten.

Eine besonders wichtige Methode in Operations Research sind die lineare Programme. Die betriebswirtschaftlichen Problemstellungen, die sich mit Hilfe linearer Programme modellieren und lösen lassen, sind ausgesprochen vielschichtig. Bei linearen Programmen handelt es sich um Entscheidungsmodelle mit linearen Zielfunktionen. Besonders hervorzuheben ist hier die umfangreiche Klasse der Mischungsprobleme, wie z.B. die Erstellung eines optimalen Produktprogramms, eines optimalen Investitionsprogramms oder eine Zusammenstellung einer optimalen Möllermischung, usw.. Alle Beispiele werden jeweils unter gegebenen Nebenbedingungen, wie z.B. technische Kapazitäten, Budgetbeschränkungen oder Rezepturen, durch statistische und mathematische Methoden gelöst.

Es gibt auch für Flussprobleme lineare Programme mit einer speziellen Struktur der Restriktionen, bei denen materielle Flüsse, wie z.B. Wasser oder Autoverkehr, oder immaterielle Flüsse, wie z.B. Strom oder E-Mails im Internet, von einer oder mehreren Quellen durch ein Netzwerk zu einer oder mehreren Senken fließen. Die Netzplantechnik, die im Rahmen des Projekt-Managements der zeitlichen und kapazitätsmäßigen Planung von Großprojekten dient, gehört auch zu dieser Klasse.

Risiko Management ist eine wichtige Anwendungsrichtung des Operations Research. Hier spielen die Datenstatistik und Datenanalyse die Hauptrolle. Die Unterstützung von unternehmerischen Entscheidungen bereitet immer dann besondere Schwierigkeiten, wenn Informationen über zukünftige Entwicklungen nur unvollkommen bekannt sind. Maschinen können unvorhergesehen durch betriebsbedingte Störungen kurzfristig ausfallen. Die Nachfrage nach Produkten kann zufälligen Schwankungen unterliegen. Die Zusammenstellung eines Aktienportfolios bereitet gerade deshalb Probleme, weil Kursentwicklungen – wie die vergangenen Monate eindrucksvoll belegen – nur schwer prognostizierbar sind. In diesen Fällen muss der Entscheidungsträger um die Wahrscheinlichkeit des Risikos bewerten zu können, die Ergebnisse einer auf Datenstatistik basierenden Analyse erhalten.

Neben den obengenannten Anwendungen ist Operations Research auch in Performance-Messung, Zielkonflikte, Supply Chain Management, und vielem mehr einsetzbar.

2.2.3 Informationstechnologie

Moderne Entscheidungsunterstützungssysteme bieten den Manager einen sehr breiten Bereich von Fähigkeiten an. Computerisierende Systeme unterstützen Entscheidungsaufgaben. Ebenfalls wird die Entscheidungsunterstützung immer mehr in Produktions- und Geschäftsprozesse integriert. Diese positiven Entwicklungen werden mit Informationstechniken erleichtert. Informationstechnologie, wie z.B. die Computertechniken und das globale Internet, sind jetzt die wichtigsten ermöglichen Technologien für die Entscheidungsunterstützung.

In den vergangenen 30 Jahren wurde keine Technologie so rasant und rapide entwickelt wie Informationstechnologie. Von der Hardware bis zur Software, vom Personal Computer bis zum Netzwerk, beeinflussen und verbessern diese großen Entwicklungsschritte das Leben der Menschen in großem Umfang. Dieses Gebiet ist auch ein interdisziplinäres Fachgebiet, welches die Mathematik, die Informatik und sämtliche Ingenieurwissenschaften tangiert. Im Kontext dieser Arbeit ist es sicherlich nicht sinnvoll, jeden Aspekt der Informationstechnologie zu beleuchten, jedoch ist es für das Verständnis der Arbeitsweise hilfreich, einige entsprechende wichtige Technologien von diesem EUS konkret zu beschreiben.

2.2.3.1 Datenbank-Technologien

2.2.3.1.1 Datenbank

Für Datenspeicherung stehen Dateisysteme und Datenbanksysteme zur Verfügung. Datenbanksysteme können als Weiterentwicklung der Dateisysteme angesehen werden. Datenbanksysteme haben sich während der letzten 20-30 Jahre zu ausgereiften Komponenten entwickelt, die sich inzwischen perfekt bei der Verwaltung von großen Informationsmengen einsetzen lassen. Gleichzeitig sind Computer mit ihren Betriebssystemen und Programmiersprachen zu vertrauten und effizienten Hilfsmitteln bei der täglichen Arbeit geworden. Wer häufig mit dem Erheben, Ordnen und Auswerten der Daten beschäftigt ist, kann sich dabei vor eine der folgenden Aufgaben gestellt sehen:

- Anfallende Massendaten zentral und exakt zu sammeln,
- mit wenig Aufwand spezielle Auskünfte zu bekommen,
- umfangreiche Auswertungsprogramme und Modellrechnungen auf den gerade interessanten Datenbeständen laufen zu lassen,
- an Übersichten und Statistiken zu arbeiten,
- Daten mit Kollegen möglichst problemlos auszutauschen oder zu verteilen,
- für weniger geübte Computerbenutzer maßgeschneiderte komfortable und leicht zu beherrschende Informationssysteme zu erstellen.

Er wird daher in seiner gewohnten Arbeitsumgebung nun auch von dem Werkzeug „Datenbanksystem“ profitieren.

In der Tat lassen sich die Aufgaben mit einem Datenbanksystem leichter und schneller bearbeiten als mit einer höheren Programmiersprache und einem Dateisystem. Allerdings ist ein Datenbanksystem ein recht komplexes und vielschichtiges Werkzeug, das für seinen effizienten Einsatz eine ganze Reihe von Denkweisen und Vorgehensweisen voraussetzt. Als wesentliche Begriffe sind in diesem Zusammenhang der Datenbankentwurf und die implizite Logik der modernen Datenbanksprachen zu nennen. Ohne deren Kenntnisse führt der Einsatz eines Datenbanksystems nur zu unbefriedigenden Ergebnissen. Aber auch die Datenbank-Anwendungsprogrammierung, also die Kopplung einer Datenbanksprache mit einer Programmiersprache, baut auf spezifisches Datenbankwissen auf.

Der Einsatz von Datenbanksystemen anstelle konventioneller Dateiverarbeitung bietet zahlreiche Vorteile. Zunächst fasst ein Datenbanksystem sämtliche wichtigen Daten und die Zugriffsmöglichkeiten auf diese Daten in einer Komponente zusammen. Alle Anwendungsprogramme können nur noch über die vom Datenbanksystem vorgegebene einheitliche Schnittstelle auf diese Daten zugreifen. Allgemein führt die organisatorische Zusammenfassung aller Daten in einer gemeinsamen zentralen Datenbank zu besserer Kontrolle und weniger Redundanz. Durch die zentrale Kontrolle aller Zugriffe auf die Daten ist es leichter eine höhere Konsistenz der Daten zu erreichen. Außerdem ist die Benutzerschnittstelle eines Datenbanksystems auf einer höheren Abstraktionsstufe positioniert und daher stabiler gegenüber Änderungen der Datenorganisation. Allerdings ermöglicht die Zentralisation der Daten nur mit hohem Aufwand oder garricht mögliche Gefahren von außen abzuwenden. Deshalb ist ein erhöhter Datenschutz erforderlich.

Allgemein werden die folgenden neun Funktionen als die typische Charakteristika eines Datenbanksystems angesehen [Neumann, 1996]:

1. **Integration:** Alle Daten werden einheitlich verwaltet. Nur eine einheitliche logische Sichtweise aller Daten innerhalb der Datenbanken wird angeboten. Von einem relationalen Datenbanksystem müssen deswegen sämtliche Daten dem Benutzer in Tabellen- oder Relationsform dargestellt werden. Dies betrifft auch die sogenannten Katalogdaten, die auch Metadaten oder Datenbeschreibungsdaten genannt werden.
2. **Operationen:** Die Operationen oder Datenbankanweisungen zur Datenspeicherung, -suche oder -änderung werden in einer einheitlichen Datenbanksprache angeboten. Die Operationen sind möglichst einfach in der Datenbanksprache formulierbar.
3. **Katalog:** Es wird eine integrierte Beschreibung der Daten angeboten. Diese Metadaten können mit den Mitteln der Datenbanksprache genauso gelesen werden wie die normalen Nutzdaten.
4. **Benutzersichten:** Es ist möglich, mit Datenbankanweisungen für verschiedene Benutzer oder Benutzerklassen die Daten verschiedenen Sichten zuzuordnen. Dadurch können die Benutzer die Daten in unterschiedlichen Detaillierungsstufen sehen. Die Definition von Sichten ist stark verknüpft mit der Korrektheit der Datenbank und der Zuständigkeit des Benutzers.
5. **Konsistenz-Erhaltung:** Die Datenbanksprache bietet Konstrukte an, mit denen korrekte Datenbankzustände beschrieben werden können. Das Datenbanksystem garantiert dann zur Laufzeit die Einhaltung der Korrektheit der Datenbank. Ein Datenbanksystem muss also exakt, stabil und robust sein.
6. **Datenschutz:** Für verschiedene Benutzer oder Benutzerklassen kann festgelegt werden, mit welchen Originaldaten sie welche Operationen ausführen dürfen. D.h. verschiedene Benutzer haben verschiedene Kompetenzen, auf die Daten zuzugreifen. Wenn Benutzerklassen und Operationen mit der Datenbanksprache

detailliert festgelegt werden können, lassen sich unberechtigte Zugriffe auf die Daten ausschließen.

7. Transaktionen: Folgen von Anweisungen zur Änderung von Daten lassen sich exakt notieren und zusammenfassen. Das Datenbanksystem garantiert dann entweder die vollständige Ausführung dieser Anweisungsfolgen oder die Rücksetzung der Datenbank in den Zustand vor Anfang der Ausführung.
8. Synchronisation: Transaktionen von Benutzern, die gleichzeitig mit dem Datenbanksystem arbeiten, werden synchronisiert. Für jeden einzelnen Benutzer ergibt sich das logische Bild, als arbeite er allein mit dem Datenbanksystem.
9. Datensicherung: Die Daten werden nach Systemfehlern, etwa Plattenformfehlern, wieder in einen einwandfreien Zustand zurückversetzt und übertragen. Dieses Rücksetzen der Datenbank sollte weitgehend automatisch funktionieren.

Datenbanken enthalten normalerweise große Mengen logisch verknüpfter Datenobjekte, die von mehreren Benutzern gemeinsam und oft auch gleichzeitig erzeugt, gelesen und verändert werden. Es gibt drei grundlegende Datenbankmodelle. Die drei Datenbankmodelle sind das hierarchische Modell, das Netzwerkmodell und das Relationsmodell.

- Hierarchisches Modell

Die Modellierungskonstrukte des hierarchischen Modells sind Datensätze, die zu Satzklassen zusammengefasst werden. Alle Satzexemplare einer Klasse haben eine einheitliche Struktur, d.h. gleich benannte Felder mit jeweils gleichen Datentypen. Zwischen den Satzklassen können hierarchische Beziehungen bestehen. Ein Satz aus einer übergeordneten Klasse, der Elternklasse, kann mit mehreren Sätzen aus der untergeordneten Klasse, der Kinderklasse, in Beziehung stehen. Diese Zuordnung wird daher auch Eltern-Kind-Beziehung oder 1:n-Beziehung genannt. Mathematisch gesehen handelt es sich bei den Beziehungen um Funktionen, die Objekte der Kinderklasse auf Objekte der Eltern-

klasse übertragen. Die Funktionen, oder Beziehungen, können im hierarchischen Modell nicht benannt werden. Eine Datenbank-Beschreibung besteht damit aus einer oder mehreren Hierarchien von Satzklassen. Solche hierarchischen Übersichten von Satzklassen lassen sich gut graphisch darstellen. Dabei wird meist der Funktionspfeil zwischen den Satzklassen weggelassen, da die Hierarchien immer von oben nach unten dargestellt werden und damit die Eltern- oder Kinderrolle von Satzklassen direkt erkennbar ist.

- Netzwerkmodell

Das Netzwerkmodell kann als Weiterentwicklung des hierarchischen Datenbankmodells betrachtet werden. Als Objekte werden Sätze wie im hierarchischen Modell angeboten. Zwischen jeweils zwei Satzklassen können mehrere 1:n-Beziehungen bestehen. Die Ausgangs-Objektklasse wird „Besetzer“, die Zielobjekt-Klasse wird „Mitglieder“ bezüglich der betrachteten Beziehung genannt. Die Beziehungstypen werden „Set“ genannt und haben einen speziellen Namen. Durch diese Benennung ist es möglich, zwischen zwei Satzklassen mehrere Beziehungstypen darzustellen.

- Relationsmodell

Das Relationsmodell ist zwar das jüngste der drei Datenbankmodelle, aber es bietet die wenigsten Modellierungskonstrukte an: Es unterstützt nur Sätze wie das hierarchische Modell und das Netzwerkmodell. Die Sätze werden hier „Tupel“ genannt. Die Satzklassen werden „Relationen“ genannt, und die Datenfelder der Tupel werden „Attribute“ genannt. Relationen werden als Mengen aufgefasst, sie enthalten somit keine Duplikate. Im Relationsmodell wird kein explizites Konstrukt zur Modellierung von Beziehungen zwischen den Relationen bereitgestellt. Die Beziehungen werden daher ausschließlich über die Werte der Attribute realisiert.

Aufgrund der sehr eingeschränkten Modellierungsmöglichkeiten des Relationsmodells können zahlreiche Fakten der jeweils betrachteten Miniwelt oft nicht in einer entspre-

chenden relationalen Datenbank dargestellt werden. Trotz der wenigen Modellierungskonstrukte hat das Relationsmodell viele Vorteile:

- Es ist sehr einfach, weil nur ein Strukturmittel, die Relation, angeboten wird.
- Die zugehörigen Datenbanksprachen sind im Prinzip ebenfalls einfach und theoretisch fundiert.
- Anfragen können auf einem hohen Abstraktionsniveau gestellt werden, und für Anfragen sind keine Anwendungsprogramme nötig.
- Schließlich gibt es inzwischen sehr viele relationale Datenbanksysteme in allen Preis- und Leistungskategorien.

Das Relationsmodell ist von den drei Datenbankmodellen am einfachsten zu handhaben, und die zugehörigen relationalen Datenbanksprachen sind auf einer hohen Abstraktionsstufe angesiedelt. Nur mit den relationalen Sprachen können Anfragen deskriptiv formuliert werden. Es wird in den Anfragen also beschrieben, was man sucht und nicht, wie das Ergebnis im Datenbestand zu finden ist. Diese operationale Vorgehensweise muss dagegen bei hierarchischen und Netzwerkdatenbanken angewendet werden. Dadurch sind relationale Anfragen sehr viel schneller zu formulieren als äquivalente Netzwerkdatenbank-Programme. Die nicht ganz so gute Effizienz von relationalen Datenbanksystemen gegenüber den Netzwerk- und hierarchischen Datenbanksystemen muss daher relativiert werden, wenn die Entwicklungszeit von Anfragen oder entsprechenden Programmen mitberücksichtigt wird. Wegen allen o.g. Vorteilen ist das Relationsmodell bzw. die relationale Datenbank sehr populär und wird häufig angewendet.

2.2.3.1.2 Datenbankschnittstellen

Wegen der Komplexität der Datenspeicherungsstruktur und der Vielschichtigkeit der Datenbank selber, ist es ziemlich schwierig für normale Anwender, unmittelbar auf die Daten der Datenbank zuzugreifen. Die Anwender erwarten, dass sie möglichst komfortabel auf die Daten zugreifen können. Hierbei sind Datenbankschnittstellen sehr hilfreich und von immer größerer Bedeutung.

Normalerweise kann ein Datenbanksystem in drei einzelne Komponenten, nämlich Datenbank, Datenbanksystem und Datenbank-Managementsystem, mit unterschiedlichen Aufgaben gegliedert werden. „Die Datenbank ist eine Zusammenfassung von Daten mehrerer Dateien (allgemein: mehrerer Satzformate)“ [Geitner, 1993]. Ohne spezielle Zusatzprogramme sind die Daten unlesbar. Das Datenbanksystem setzt sich aus der Datenbank und der dazugehörigen Software zusammen und ist unabhängig vom Computer. Solche Software übernimmt die Aufgaben der Operationen der Datenbank, wie z.B. die Datendefinition, Integrität, Datenwiederherstellung, Benutzerkoordination und der Datenschutz usw.. Das Datenbank-Managementsystem umfasst die Funktionen des Datenbanksystems und ergänzt diese durch Schnittstellen.

Normalerweise umfasst eine Schnittstelle Programm-, Programmier- und Dialogschnittstellen, wie die Abbildung 2.3 zeigt. Die Programm-Schnittstellen zum Laden und Speichern der Daten befinden sich in der Datenbank. Sie sind einfachste Programme zum Import in die Datenbank und zum Export aus der Datenbank in der Datenbank. Sie dürfen aus Integritätsgründen vom normalen Benutzer nicht ausgeführt werden. Vom Hersteller werden eine oder mehrere Basiseditoren mitgeliefert, mit ihnen ist die Eingabe, das Laden und Speichern von SQL-Befehlen möglich. Die gehören zu Dialogschnittstellen. In einem kommerziellen Datenbanksystem werden meist Programme mit Programmschnittstelle und Dialogschnittstelle mitgeliefert, um rudimentäre Datenoperationen und SQL-Statements zu ermöglichen. Programmierschnittstellen werden von den kommerziellen Datenbankherstellern zwar unterstützt, sind aber im Lieferumfang des Standardpakets nicht enthalten.

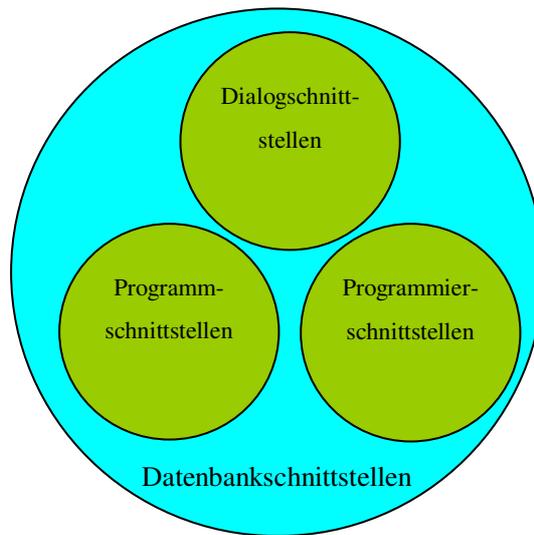


Abbildung 2.3: Drei Datenbankschnittstellen

Datenbankhersteller bieten normalerweise nur einige allgemeine Werkzeuge, wie z.B. Abfragesysteme, Report-Writers, Business-Grafic-Tools, Spreadsheets usw. an. Darunter ist das Abfragesystem sehr wichtig. In den meisten Datenbanken ist ein Abfragesystem ein SQL-Übersetzer. Deshalb die Beherrschung der SQL (SQL ist eine Abfrage- und Programmiersprache) ist die erstrangige Voraussetzung für die Arbeit mit so einem System.

Structured Query Language

Die Structured Query Language (SQL) hat schon fast 30 Jahre Geschichte. Als Abfragesprache entstand sie für das experimentelle Datenbanksystem R [Astrahan, 1976]. Sie wurde für den Nichtprogrammierer, ohne mathematische Notation, wie die des Relationskalküls [Astrahan, 1979], entwickelt.

SQL wird in heutiger Zeit als Standard für die Abfrage von relationalen Datenbanken eingesetzt. Alle Produkte von allen kommerziell relevanten Datenbankherstellern besitzen diese Abfragesprache. Trotz aller Standardisierungsbemühungen existieren hier

erhebliche Unterschiede bezüglich des Funktionsumfangs. Dialekte und Sprachsyntax (Semikolon, Klammerung, IN-Klausel usw.) sind vom Hersteller abhängig, eben so wie die Verschachtelung von Abfrage und Bildung von Tabellenverbindungen, sofern die Abfragen etwas komplexer werden. Besonders große Probleme stellen die Unterschiede zwischen verschiedenen Produkten im Bereich der Sprache zur Definition der Tabellen und entsprechender Verwaltungsfunktionen, wie Löschen oder Umbenennen von Tabellen, dar. Das Interesse der Anbieter, weitergehende Standards und zu etablieren hält sich allerdings in Grenzen, weil die universelle Verwendbarkeit von Schnittstellen mit beliebigen Datenbanken nicht im Geschäftsinteresse der Datenbankanbieter liegt.

Mit SQL bei der Abfrage erfordert der Arbeitsvorgang der Datenverarbeitung mehrere sich wiederholende Schritte, wie die Abbildung 2.4 gezeigt:

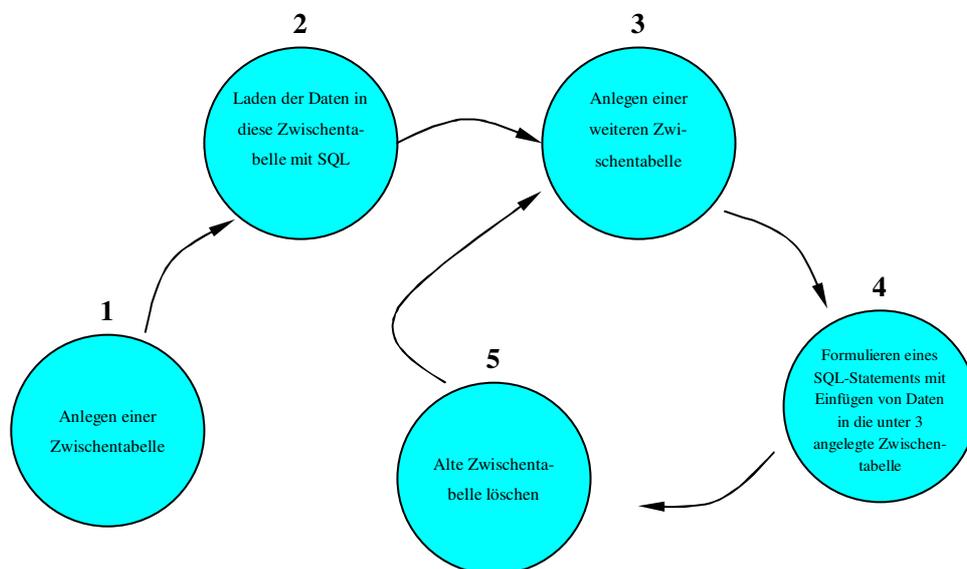


Abbildung 2.4: Arbeitsschritte mit SQL bei der Abfrage

Wegen der Begrenztheit von SQL kann das Datenbanksystem normalerweise sehr eingeschränkte mathematische und statistische Funktionalitäten anbieten. Normalerweise werden die statistischen Funktionen Minimum, Maximum und Durchschnitt unterstützt. Dadurch ist die Analyse der Daten und Sachverhalte natürlich erschweret. Es ist

klar, dass beim Aufbau eines EUS-Systems mit graphischer Darstellung und mathematischer Analyse oder einem Qualitätssicherungssystem, solche Funktionen nicht ausreichen für die zunehmenden Forderungen des Anwenders. Die Erweiterung von mathematischen und statistischen Funktionen ist notwendig.

Wegen ihres großen Erfolgs ist SQL heute nicht nur eine eigenständige Sprache, sondern auch eine Wirtssprache. Sie kann allein in Datenbanken benutzt werden, sie kann aber auch mit anderen populären Programmiersprachen wie z.B. C/C++, Java usw. gekoppelt werden. Zwischen SQL und einer Programmiersprache gibt es normalerweise zwei Kopplungsweisen: Die statische Kopplung und die dynamische Kopplung. Aus diesem Grund werden entsprechende SQL „statische SQL“ und „dynamische SQL“ genannt. Wie die Abbildung 2.5 zeigt.

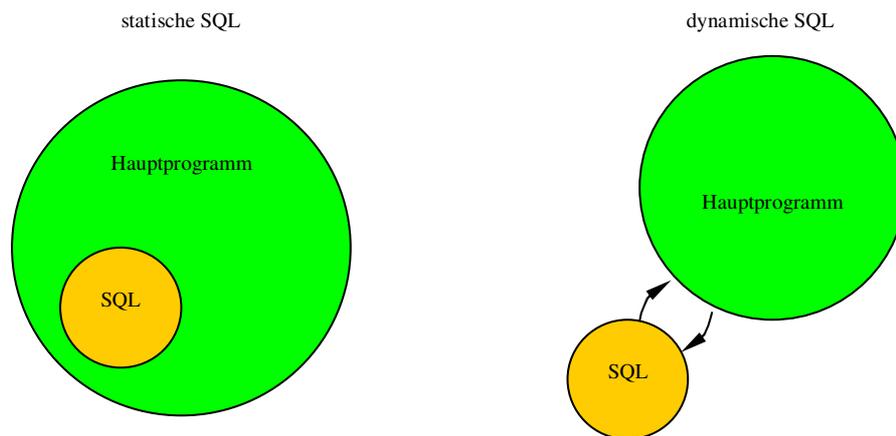


Abbildung 2.5: Statische SQL und dynamische SQL im Programm

Bei der statischen Kopplung werden einige SQL-Statements in den Quellcode eingebettet. Deshalb wird die statische SQL auch eingebettete SQL genannt. Hierbei wird der Code von Schlüsselworten (wie z.B. EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION und EXEC SQL END DECLARE SECTION, EXEC SQL OPEN DB1 CURSOR C und EXEC SQL CLOSE DB1 CURSOR C, usw.) in einzelne Segmente unterteilt. Wenn die statische Kopplung benutzt wird, müssen die SQL-Statements kompiliert werden, bevor die Kompilierung des ganzen Programms stattfindet.

Nachteile dieser Kopplungsweise sind klar und deutlich erkennbar:

- Wegen der Herstellerabhängigkeit von SQL sind solche Programme auch herstellerabhängig und können sehr schwer unmittelbar auf anderer Datenbanken übertragen werden.
- An den Programmierer werden hohe Anforderungen gestellt. Er muss zu jeder Zeit aufpassen, um die Identität von SQL und dem sonstigen Programmcode zu halten, z.B. bei der Definition der Variablen.
- Es sind nur statische SQL-Befehle zugelassen. Bei einfacher Programmierung kann kein dynamisches SQL-Statement während der Laufzeit des Programms aufgerufen werden.
- Mit dieser Kopplungsweise ist das entstehende Programm nur einzulinstanzenfähig. D.h. auf jedem Computer kann solch ein Programm nur einmal gestartet werden. Mehr als ein Zugriff auf die Daten ist somit fast unmöglich. Ebenso ist es auch unmöglich gleichzeitig mit mehr als einer Datenbank zu operieren.

Bei der dynamischen SQL treten die oben genannten Nachteile der statischen SQL nicht auf. Die SQL-Statements sind relativ eigenständig. Aus diesem Grund sind beide Seiten, nämlich SQL-Statements und das Hauptprogramm, sehr flexibel. Der Programmierer hat deshalb bei der Entwicklung der Programme große Freiheit.

Aus allen oben genannten Gründen wird deutlich, dass als Abfrageschnittstelle für ein EUS die dynamische SQL geeigneter ist als die statische SQL.

Außer der SQL gibt es noch eine andere Möglichkeit der Abfrageschnittstelle, eine dialogorientierte Abfrageschnittstelle „Query-by-Example“ (QBE). QBE wurde in der Mitte der 70er Jahre entworfen und bietet dem Benutzer eine freundliche Oberfläche, die ein tabellen- und feldorientierten Editor enthält, an. Der Vorteil dieser Oberfläche ist deutlich: Der Benutzer braucht seine Anfragen nicht mehr Satz für Satz einzugeben. Alle Operationen können im Dialog realisiert werden.

Aus der Sicht der Administratoren oder der Anwender, die direkt an der Datenbank arbeiten, ist QBE selbstverständlich hilfreich. Für den Programmierer, der durch Programme auf die Datenbank zugreifen möchte, ist die komfortable Benutzeroberfläche von QBE aber nicht von großer Bedeutung.

Open-Database-Connectivity (ODBC)

Moderne Programmierumgebungen erlauben durch ODBC den unkomplizierten Zugriff auf sehr viele unterschiedliche Datenbank-Managementsysteme (über vorgefertigte datensensitive Steuerelemente). Der Datenzugriff erfolgt nie direkt auf eine Tabelle oder eine Datenbank, sondern immer über die entsprechende ODBC-Komponente. Mit ODBC kann auf jede lokale oder ferne Datenquelle zugegriffen werden.

ODBC kann auf Deutsch „Offene Datenbank-Verbindungsfähigkeit“ übersetzt werden. Sie ist eine standardisierte Datenbankschnittstelle, die SQL als Datenbanksprache verwendet. ODBC bietet also eine Programmierschnittstelle (API), die es einem Programmierer erlaubt, seine Anwendung relativ unabhängig vom verwendeten Datenbankmanagementsystem (DBMS) zu entwickeln, wenn dafür ein ODBC-Treiber existiert. [Böhnke/Johannes, 1997]

ODBC wurde ursprünglich im Jahr 1992 von Microsoft mit der Unterstützung von einigen Datenbankherstellern auf Basis des Call Level Interface von X/Open und ISO/IEC entwickelt, ist aber inzwischen auch von anderen Softwareherstellern übernommen worden. In vielen Bereichen ist ODBC mittlerweile als Standard etabliert und für die Betriebssysteme Microsoft Windows (95/NT/2000/XP/2003), IBM OS/2, Macintosh OS und Sun Solaris verfügbar. Die Datenbank kann bei dieser Schnittstelle eine einfache Textdatei sein oder aber auch ein vollständiges DBMS in Client/Server-Architektur.

Einen Überblick über die Architektur der ODBC-Schnittstelle gibt die Abbildung 2.6:

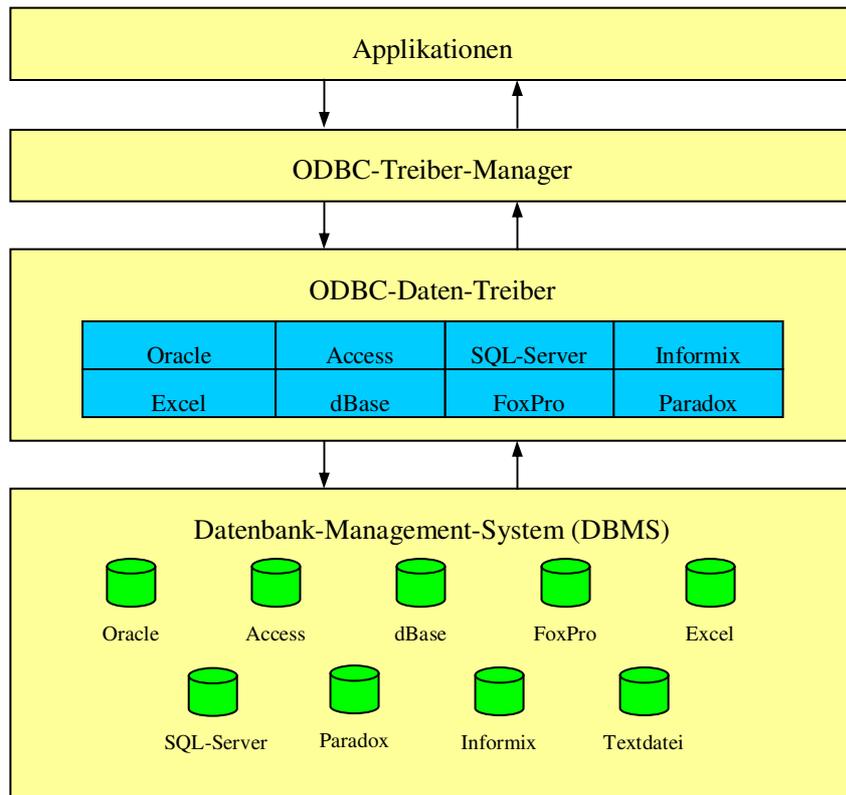


Abbildung 2.6: Überblick über die ODBC-Architektur

Die Applikationsprogramme fordern über den ODBC-Treiber-Manager die Dienste eines ODBC-Treibers an. Der ODBC-Treiber-Manager ist ein Bestandteil des Betriebssystems und verwaltet die verschiedenen ODBC-Treiber für das Betriebssystem. Die Treiber stellen Bibliotheken dar, die zur Laufzeit dynamisch geladen werden können. Für jedes Datenformat bzw. DBMS gibt es einen eigenen Treiber, der oft von den Datenbankherstellern zur Verfügung gestellt wird. Über die Programmierschnittstelle des Treiber-Managers stellt die Applikation Anfragen in SQL an ein Datenbanksystem. Der Treiber-Manager leitet die Anfrage an den zuständigen Treiber weiter. Die Treiber setzen dann die SQL-Befehle der Applikation in entsprechende Datenbankbefehle um und berücksichtigen dabei zum Beispiel spezielle SQL-Dialekte. Die einheitliche

Schnittstelle ermöglicht die Programmierung einer Anwendung unabhängig von dem benutzten DBMS.

Der Arbeitsvorgang eines Anwendungsprogramms, das die ODBC-Schnittstelle benutzt, kann wie folgt beschrieben werden:

Das Anwendungsprogramm baut die Verbindung zu einem DBMS auf, führt eine Anfrage aus, verarbeitet die Ergebnisse und beendet die Verbindung. Für objektorientierte Programmiersprachen (z.B. C++, Java) sind Klassen verfügbar, die Methoden für den Umgang mit dem Datenmaterial der unterschiedlichen Datenbanksysteme definieren. Beispielsweise enthält die C++-Klassenbibliothek Microsoft Foundation Classes (MFC) Klassen zur Verkapselung solcher Funktionen. Mit der Klasse CDatabase lässt sich eine Verbindung zu einem DBMS herstellen. Die Klasse CRecordset stellt eine Anfrage an das DBMS und verwaltet die Antwort. Mit einem CRecordset-Objekt kann man in der Antwortmenge navigieren und einzelne Elemente modifizieren, falls dies die Form der Anfrage erlaubt. Mit den zwei Klassen wird die Operation an der Datenbank im Anwendungsprogramm mühelos realisiert. Der Programmierer braucht sich um datenbankspezifische Details nicht mehr zu kümmern. Folgendes Programm ist ein Beispiel und zeigt wie man die beiden Klassen benutzen kann:

Das Programm baut die Verbindung zu einem DBMS auf und stellt eine Anfrage, deren Ergebnis in einem Recordset gespeichert wird. Anschließend schreibt das Programm das Ergebnis der Anfrage auf den Bildschirm.

```
void Beispiel()
{
    // Datenbank oeffnen
    CDatabase db;
    db.Open("DSN=pps50", FALSE, TRUE, "ODBC;UID=Xue");

    // RecordSet initialisieren
    ProdukteRecordSet rs(&db);
    rs.Open(CRecordset::snapshot, "Select ProduktName,Menge from
        Produkte where Menge<100");

    // Ergebnis ausgeben
    rs.MoveFirst();
    while(!rs.IsEOF())
    {
        rs.DoFieldExchange();
        cout << rs.Produktname << rs.Menge << "Stück.\n";
        rs.MoveNext();
    }
}
```

```
}
```

Die Klasse *ProdukteRecordSet* ist von der Klasse *CRecordSet* abgeleitet. Sie hat zusätzlich noch die Member-Variablen *Produktname* und *Menge* und überschreibt die Methode *DoFieldExchange*. In dieser Methode werden die Daten aus einem Record in die Member-Variablen kopiert.

Grundsätzlich funktioniert das Ganze nicht anders als beim Drucken. Der Anwender übermittelt seine Steuerbefehle zum Layout der Seite an den sogenannten Drucker-Treiber. Der kümmert sich dann um die herstellertypischen Besonderheiten. Im Idealfall kann für verschiedene Modelle der gleiche Treiber verwendet werden.

Zusammengefasst sind die Vorteile der ODBC-Schnittstelle die folgenden:

- Standardisierung
- Verbindungsfähigkeit mit verschiedenen Datenbanken
- Mehrinstanzenfähigkeit
- Unabhängigkeit von Datenbankherstellern
- Automatisierte Datencursorsteuerung
- Einsetzbarkeit beim Programmieren

Wegen der genannten Vorteile wird ODBC auch als Programmierschnittstelle in meinem EUS angewandt.

2.2.3.2 Grafische Werkzeuge

OpenGL steht für Open Graphics Library und ist eine Spezifikation für ein plattform- und programmiersprachenunabhängiges API (Application Programming Interface) zur Entwicklung von 3D-Computergrafik. Es ist zwar keine neue Technologie, aber in der Computergrafikwelt spielt es mit DirectX von Microsoft als direkter Konkurrent immer noch ganz wichtige Rolle. Wegen der hohen Qualität und Leistungsfähigkeit bzw. hervorragender Eigenschaften wird OpenGL auf zahlreichen Gebieten wie z.B. CAD/CAM/CAE, Medizin, Computerspiele, Film und Fernsehen angewendet.

OpenGL ist eine Softwareschnittstelle zur Hardware mit ca. 250 verschiedenen Befehlen. Zudem können andere Hersteller (zumeist Hersteller von Grafikkarten) auch eigene Erweiterungen entwickeln. [Richard/Wright/Lipchak, 2005] Zweck ist es, die Darstellung von zwei- und dreidimensionalen Objekten mittels eines Bildspeichers in Echtzeit zu erlauben. Diese Objekte sind entweder Images, die aus Pixeln zusammengesetzt sind, oder geometrische Objekte, die durch Raumpunkte beschrieben sind.

Als Programmierschnittstelle ist OpenGL beim Programmieren zwar hardwareunabhängig, jedoch nutzt die Implementierung des OpenGL-API die Hardwarefähigkeiten bestmöglich. Sie wird in der Regel als Teil der Grafikkarten-Treiber mitgeliefert. Diese führen dann entsprechend Befehle der Grafikkarte aus. Insbesondere müssen aber auch auf der Grafikkarte nicht vorhandene Funktionen auf der CPU emuliert werden. OpenGL-API kann flexibel auf billigen PCs bis hin zu Grosscomputern implementiert werden. Spezifische Erweiterungen der Grafikkarten sind ebenfalls möglich.

OpenGL entstand ursprünglich aus dem von Silicon Graphics (SGI) entwickelten IRIS GL. Das OpenGL Architecture Review Board (ARB) wacht über den OpenGL-Standard. Das ARB existiert seit 1992 und besteht aus einer Reihe von Firmen wie 3Dlabs, Apple, ATI, Dell, Evans & Sutherland, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Matrox, NVidia, SGI und Sun. Microsoft, eines der Gründungsmitglieder, hat das ARB im März 2003 verlassen. OpenGL wird zwar vom ARB verwaltet, ist aber offen. Auf der einen Seite ist es für Lizenznehmer offen durch die Erweiterbarkeit, auf der anderen Seite brauchen Endverbraucher, Softwareverkäufer und OpenGL-API Programmierer keine Lizenzgebühren zu zahlen.

Neue Funktionen in OpenGL werden meist zuerst als herstellerspezifische Erweiterungen eingeführt und gehen dann den Weg über herstellerübergreifende Erweiterungen und ARB Erweiterungen in eine Kernfunktionalität über. [Burggraf, 2003] Dies erlaubt, neueste Möglichkeiten der Grafikhardware zu nutzen und dennoch OpenGL innovativ genug zu halten. Aufgrund seiner Plattformunabhängigkeit ist OpenGL im

professionellen Bereich als 3D-Standard nach wie vor führend. Nach sechs Vorgängerversionen ist OpenGL 2.0 die aktuellste Version des Standards.

OpenGL ist von Betriebssystemen und Eingabemöglichkeiten unabhängig definiert. Es läuft unter Windows, Unix, Linux, MacOS, usw. und nutzt auch die Möglichkeiten des Fenstersystems. Da OpenGL nur ein API für Rendering in den Bildschirmspeicher ist, unterstützt es keine Peripherie wie Window, Maus, Tastatur, usw.

OpenGL ist reich an Primitiven für Geometrie und Bild, Display-Listen, Transformationen, Beleuchtung, Texturen, Blending, ... Grafische Primitive (Punkte, Linien, Polygone) werden in OpenGL durch sogenannte Vertexes (Eckpunkte) beschrieben. Die Interpretation derselben erfolgt durch spezielle Funktionen und Parameter. OpenGL wurde als Zustandsautomat entworfen, der nicht bei jedem Funktionsaufruf alle benötigten Parameter braucht, sondern so lange dieselben Werte verwendet, bis die entsprechenden Zustände geändert werden. Auf diese Weise muss man z. B. nicht für jeden Vertex OpenGL die gewünschte Farbe mitteilen, sondern setzt einmalig eine Farbe, woraufhin alle folgenden Vertexes mit dieser Farbe dargestellt werden. Auf dieselbe Weise kann man global Lichtquellen an- oder ausschalten und viele weitere Zustände setzen.

OpenGL ist zwar ein low-level API für 2D und 3D Grafik, aber es kann an C/C++, Java, Fortran 90, Ada, Lisp, C# und Delphi usw. ausgehend von einheitlicher Spezifikation angebunden werden, und deshalb können viele high-level API darauf aufgebaut werden. Für Softwareentwickler hat OpenGL folgende Vorteile:

- Industriestandard
- Neutral und Plattformübergreifend
- Stabil, kompatibel zu früheren Versionen
- Zuverlässig und portierbar, unabhängig von Betriebssystem
- Offenheit
- Skalierbar: PC bis Supercomputer
- Ausgereiftes API, das low-level Detail kapselt

- Ausführliche Dokumentation erhältlich

Wegen solcher Vorteile wurde OpenGL in dieser Arbeit benutzt.

2.2.3.3 Rapid Application Development (RAD)

Das RAD ist eine integrierte Entwicklungsumgebung (Integrated Development Environment: IDE) mit einer visuellen Entwicklungsoberfläche, die es erlaubt, die Benutzeroberfläche der zu erstellenden Anwendung graphisch zu bearbeiten. In der Regel wird dabei die Oberfläche nach dem sogenannten "Baukastenprinzip" erzeugt, und wird während der Bearbeitung genauso oder ähnlich wie sie später im lauffähigen Programm erscheint angezeigt. Dieses Vorgehen wird auch als die visuelle Programmierumgebung bezeichnet.

Manche Anwendungen, besonders Benutzeroberflächen (Graphical User Interface: GUI), können mit Hilfe von RAD in einem kleinen Teil der Zeit, die für die konventionelle Programmierung erforderlich wäre, erstellt werden. Automatische Vervollständigung des Codes bei der Eingabe ist auch wichtiger Teil des RAD-Konzepts. Eine RAD-Programmierungsumgebung stellt dem Entwickler ein komplettes Paket zur Entwicklung einer Software zur Verfügung: Hierzu zählen in der Regel neben der Funktion zum Bearbeiten von Benutzeroberflächen noch ein Compiler, ein Debugger und ein Editor für den Quellcode. Ein wichtiger Vertreter von RAD ist Microsofts Visual Studio Produkt.

Das Programm Visual Studio ist die von der Firma Microsoft angebotene integrierte Entwicklungsumgebung für Hochsprachen. Microsoft Visual Studio .NET und Microsoft Visual Studio 2005 sind die Nachfolger. Im Visual Studio sind Module zur Entwicklung von Visual C++, Visual Basic und Visual J++ enthalten.

Visual C++ ist ein System zur Softwareentwicklung mit der Programmiersprache C++ unter dem Betriebssystem Windows. Es kann sehr leicht durch ODBC mit Datenbanken verbunden werden. OpenGL wird auch im Visual C++ unterstützt. Wegen seines

hohen Nutzeffekts und seiner starken Fähigkeiten wird es in dieser Arbeit als Entwicklungsumgebung angewendet.

2.2.3.4 Komponentenbasierte Software

Nachdem sich objektorientierte Ansätze Mitte der 90er Jahre im großen Umfang durchgesetzt haben ist heutzutage die komponentenbasierte Softwareentwicklung sehr populär. Eine Komponente ist ein Software-Element, das konform zu einem Komponentenmodell ist und gemäß einem „Composition Standard“ ohne Änderungen mit anderen Komponenten verknüpft und ausgeführt werden kann. [Councill/Heineman, 2001]

Kommerziell verfügbare Komponentenarchitekturen sind Component Object Model (COM/COM+) von Microsoft, die in der Java Enterprise Edition (J2EE) enthaltene Enterprise JavaBeans (EJB) Spezifikation von Sun und das Corba Component Model (CCM) der Object Management Group, die als direkte Konkurrenten auftreten. Um die Übereinstimmung des AIBAS-Systems zu wahren wird in dieser Arbeit COM/COM+ angewendet.

Grundideen von COM/COM+

COM/COM+ ist eine spezielle Technologie, die von Microsoft entwickelt wurde, um unter Windows Klassen aus DLLs (Dynamic Link Libraries) zu exportieren, die von allen Microsoft-Betriebssystemen mit 32 Bit unterstützt wird. (Aus DLLs können nur Funktionen aufgerufen werden, die dann einen Zeiger auf ein Exemplar einer Klasse als Rückgabewert haben müssen.) Somit soll COM/COM+ eine leichte Wiederverwendung von bereits geschriebenem Programmcode möglich machen. [Zwintzsch, 2005]

COM/COM+ ist eine Spezifikation mit Implementierung. Es spezifiziert die Erstellung von Komponenten und regelt das Zusammenwirken von Komponenten. Anwendungen

sind aus Komponenten aufgebaut und selbst nur Komponenten-Container. Änderung der Komponenten wird keine Auswirkungen auf Anwendungen verursachen. COM/COM+ ist ein Binärstandard, es ist sprachunabhängig, nutzbar in jeder Sprache ohne Recompilierung, erstellbar in jeder Sprache und Softwareentwicklungstechnik.

Die auf COM/COM+ basierenden Komponenten haben zwar was die Konzeptseiten anbelangt etwas Ähnlichkeit mit objektorientierten Klassen einer objektorientierten Programmiersprache, aber sie unterscheiden sich von Klassen in mehreren Punkten:

- Sie sind meist größer als Klassen. Klassen können zur Implementierung von Komponenten verwendet werden, aber nicht umgekehrt. Klassen werden in einer Programmiersprache entwickelt. Komponenten müssen mit einem Komponentenstandard kompatibel sein (unabhängig von der Programmiersprache). Klassen können von anderen Klassen erben. Zwischen Komponenten existieren hingegen in der Regel keine Vererbungsbeziehungen.
- Sie benötigen zu ihrem Ablauf eine Komponentenumgebung. Diese Umgebung stellt über die Laufzeitumgebung der Programmiersprache hinaus weitere Dienste wie transparente Verteilung, Persistenz, und Sicherheitskonzepte zur Verfügung.
- Sie können einzeln ausgeliefert werden, sind konfigurierbar und sind mit anderen Komponenten kombinierbar. Komponenten werden binär, in ausführbarer Form verbreitet. Der Quellcode ist häufig nicht verfügbar. Sie bestehen aus mehreren, getrennten Teilen: Implementierung, Schnittstellenbeschreibungen und Konfigurationsdateien. Die Dokumentation von Komponenten beinhaltet auch fachliches Wissen in der Anwendungsdomäne. Bei Klassen beschränkt sich die Dokumentation meist auf eine API-Beschreibung.
- Sie werden häufig in verteilten Anwendungen eingesetzt. Asynchrone Kommunikation, entfernte Methodenaufrufe, Internetprotokolle und andere Technologien spielen deshalb eine zentrale Rolle.

Evolution von COM/COM+

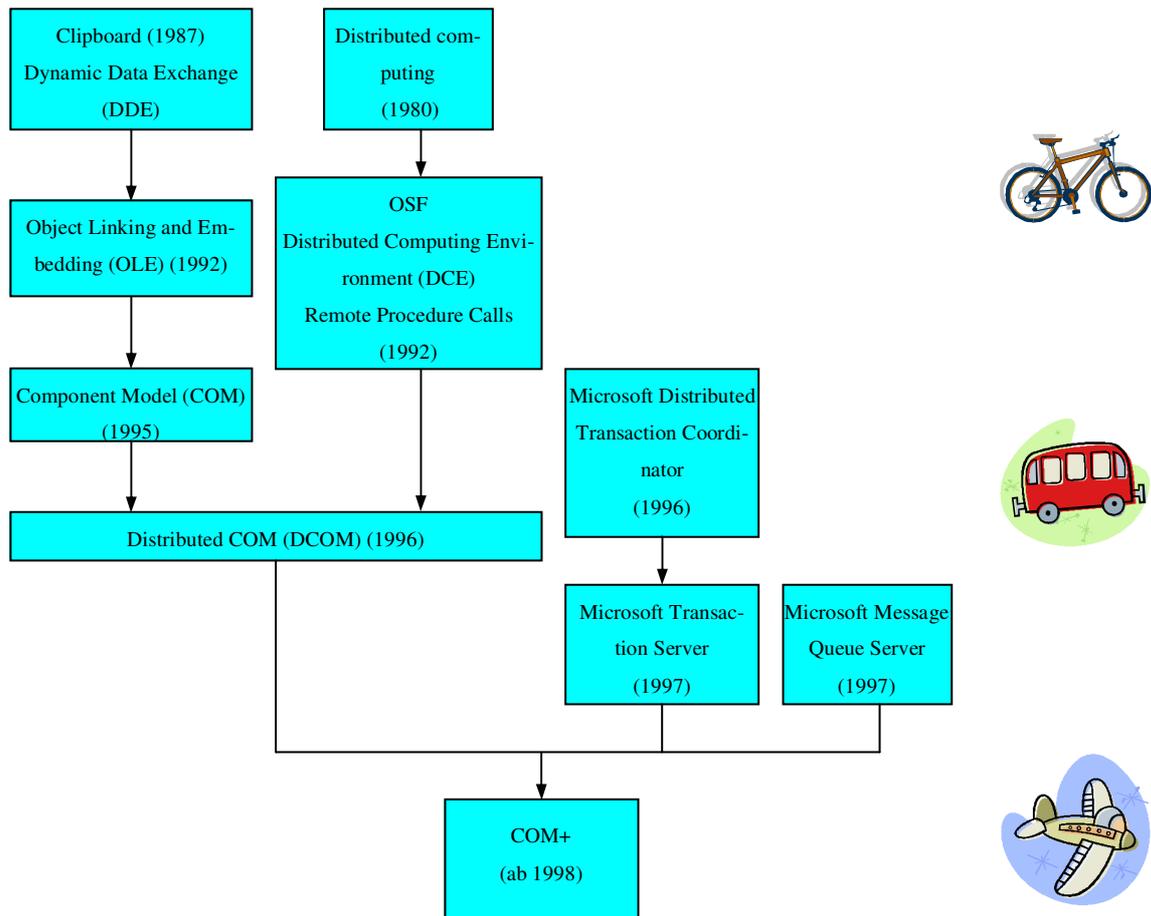


Abbildung 2.7: Evolution von COM/COM+ [Eddon, 1999]

Die Abbildung 2.7 zeigt die Evolution von COM/COM+. Der Ausgangspunkt für die Entwicklung von COM/COM+ ist die Integration unterschiedlicher Anwendungen eines lokalen PC über den Mechanismus „Dynamic Data Exchange“ und „Object Linking and Embedding“ (OLE) gewesen. Als Vorläufer von COM im Sinne der Komponententechnik können die erstmals in Visual Basic erschienenen VBX-Elemente gelten. Diese ermöglichten die Erstellung und Weitergabe einzelner Softwarebausteine

im Rahmen einer speziellen Programmiersprache. Durch den enormen Erfolg dieser VBX-Elemente wurden sie als sogenannte OCX-Controls weiter entwickelt (von 16 auf 32 Bit) und unabhängig von einer Programmiersprache implementiert. Mit der Verbreitung des Internet wurden diese Bausteine um die Fähigkeit zum Download erweitert und sind heute unter dem Namen ActiveX bekannt.

von COM zu COM+

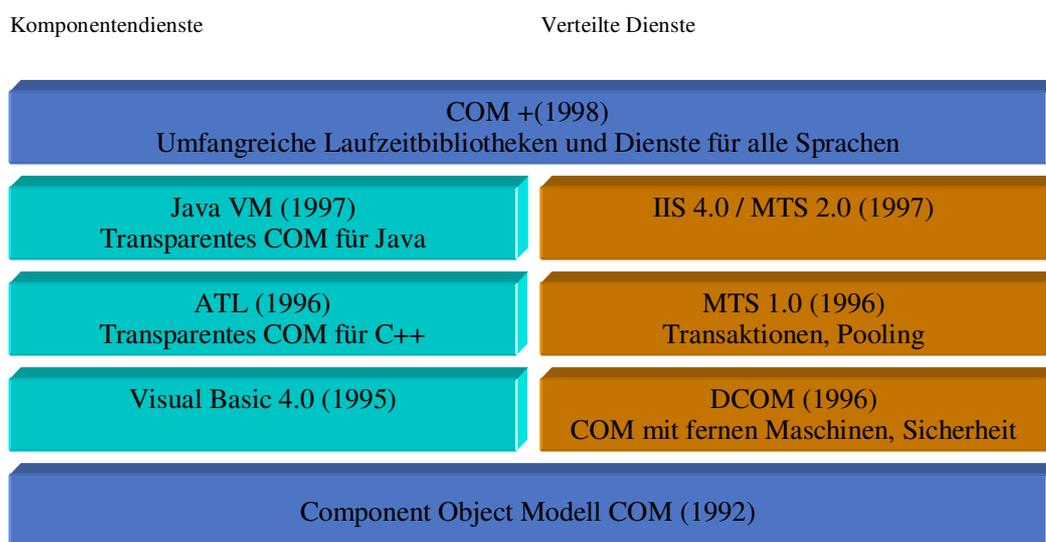


Abbildung 2.8: Von COM zu COM+ [Kirtland, 1998]

Die obige Abbildung 2.8 zeigt im linken Teil die schrittweise Integration in die Entwicklungsumgebungen von Microsoft. Microsoft hat die komplexen Mechanismen für den Softwareentwickler überflüssig gemacht und eine einfache visuelle Integration von Komponenten ermöglicht. In der rechten Säule der Abbildung werden die später zunehmenden Dienste gezeigt. Hier muss insbesondere der Microsoft Transaction Server (MTS) erwähnt werden. Er erlaubt die Verwendung von Transaktionen, die insbesondere im Bereich der unternehmensweiten Anwendungen sehr wichtig ist.

Architektur und Arbeitsvorgang von COM/COM+

Um die Schnittstellen einer Softwarekomponente allgemein bekannt zu machen, wird eine Interface Definition Language (IDL) im COM/COM+ verwendet. Diese IDL wird

Microsoft Interface Definition Language (MIDL) genannt. Ein typisches Interface sieht wie folgt aus (als Beispiel dient das Interface IUnknown):

```
[
    object,
    uuid(00000000-0000-0000-C000-000000000046)
]
interface IUnknown {
    [restricted]
    HRESULT _stdcall QueryInterface([in] GUID* rrid,
                                    [out] void** ppvObj);
    [restricted]
    unsigned long _stdcall AddRef();
    [restricted]
    unsigned long _stdcall Release();
}
```

COM/COM+ basiert auf dem Client/Server-Prinzip: Der COM/COM+-Server bietet zu exportierende Klassen an. Solche Klassen werden über ein Interface definiert und als COM/COM+-Objekte genannt. Der Client ist das Programm, welches die vom COM/COM+-Server angebotenen Funktionen aufruft. Weil diese in den entsprechenden Interfaces deklariert sind, kennt der Client solche Funktionen. Vermittlung zwischen Client und Server leistet der sogenannte „Marshaler“, der beispielsweise Datentypen konvertiert.

COM/COM+ hat folgende Kennzeichen:

- Microsoft Interface Definition Language (MIDL)
- Client/Server Komponentenmodell
- COM/COM+ erlaubt die Verteilung von Komponenten über ein Netzwerk
- Microsoft Transaction Server (MTS) stellt eine sichere Laufzeitumgebung, Transaktionsmanagement und Skalierbarkeit zur Verfügung
- Microsoft Message Queue (MSMQ) stellt eine asynchronen Datentransfer bereit

Der Arbeitsvorgang von COM/COM+ ist einfach:

- Schritt 1: Installation

Das Installationsprogramm speichert die Komponente in Windows, trägt eindeutige Nummer in Systemregistrierung ein. Dieser Schritt braucht der Benutzer nur beim ersten Benutzen der Komponente durchzuführen.

- Schritt 2: Starten einer Komponente

Der Clientcontainer benötigt eine Instanz und übergibt der Systembibliothek die Nummer. Die Systembibliothek schaut in der Registrierung nach und startet den richtigen Server (Local Server, Remote Server oder In-process-Server) und liefert die erste Schnittstelle an den Clientcontainer.

- Schritt 3: Schnittstelle bestimmen

Der Clientcontainer erhält über eine Methode der ersten Schnittstelle Zugriff auf den weiteren Schnittstellen. Die Systembibliothek liefert einen „Pointer“ darauf.

- Schritt 4: Methoden aufrufen

Über den „Pointer“ greift der Clientcontainer auf Methoden zu. Die Systembibliothek übernimmt die Anpassung an die Prozessart der Komponente.

- Schritt 5: Beenden

Über eine Methode der ersten Schnittstelle wird die Komponente wieder abgemeldet.

Vorteile und Nachteile von COM/COM+

Weil Microsoft alleiniger Anbieter von COM/COM+ ist, ist der Anwender automatisch auf die von Microsoft unterstützten Betriebssysteme festgelegt. Microsoft versucht zwar zunehmend eine breitere Basis zu schaffen, aber letztlich bestimmt sie, welche Betriebssysteme unterstützt werden. Dieses gilt ebenfalls für die Weiterentwicklung von COM/COM+. Allerdings muss man aber sagen, dass Microsoft sehr schnell und flexibel auf neue Herausforderungen reagiert. Ein einzelnes Unternehmen kann schneller reagieren, als eine aus vielen Firmen bestehende Organisation. Nachfolgend werden die Vorteile und Nachteile von COM/COM+ genannt:

Vorteile:

- Sprachunabhängigkeit
- Objektorientierung
- Ortsunabhängigkeit und Versionsunabhängigkeit
- Plug & Play
- Zusätzliche Services (MTS, MSMQ) machen COM/COM+ attraktiv

Nachteile:

- Festlegung auf die unterstützten Betriebssysteme von Microsoft
- Weiterentwicklung wird ausschließlich von Microsoft bestimmt
- historisch bedingte komplexe Architektur
- Administrierung verteilter Anwendungen ist aufwendig

COM/COM+ ist fast kostenlos im Betriebssystem enthalten und weitere leistungsfähige Werkzeuge sind integriert. Wegen der organisch gewachsenen Struktur mit ursprünglich nicht vorgesehenen Funktionalitäten, ist die konkrete Umsetzung manchmal sehr komplex. Die Einbindung von COM/COM+ in die Programmierumgebungen erfolgt auf komfortabel und einfach zu bedienende Art und Weise. Damit kann ein Teil der Komplexität ausgeglichen werden.

2.2.3.5 Active Server Pages

Microsoft-ASP steht für Active Server Pages (ASP). Diese Technologie ist ein Verfahren, um statische Webseiten mit dynamischen Inhalten zu füllen. Sie bietet die Möglichkeit an, HTML-Dokumente interaktiv zu gestalten. Dabei ist ASP ein integraler Bestandteil der Active-Plattform von Microsoft. Sie ermöglicht es auch, ausführbare Programmteile (Skripte) direkt in eine HTML-Datei zu schreiben. Damit wird die Entwicklung von HTML-Seiten und Skripten zu einem einheitlichen Prozess. Die dynamischen Elemente einer Webseite werden somit direkt eingebunden über ein ausführbares Programm. Diese Active-Plattform stellt eine Technologie dar, um komplexe und interaktive Internetanwendungen entwickeln zu können.

Daraus ergibt sich eine Vielzahl an Vorteilen:

- Web-dienstleister können durch relativ wenig Aufwand interaktive Geschäftsanwendungen anbieten, anstatt bloße statische Inhalte zu veröffentlichen.
- Die Entwicklung von ASP-Anwendungen wird dadurch erleichtert, dass eine Vielzahl von COM/COM+-Objekten genutzt werden kann. So wird beispielsweise eine Datenbankbindung oder eine Komponente zur Werbebannerverwaltung zur Verfügung gestellt.
- Für ASP-Skripte können viele Skriptsprachen wie z.B. JavaScript oder VBScript verwendet werden.
- Durch vordefinierte integrierbare Programme können komplexe Funktionen hinzugefügt werden, um Daten zu verarbeiten und hilfreiche Informationen bereitzustellen.
- Mit ASP erstellte Inhalte sind mit den Standard-Webbrowsern kompatibel.

Eine vollständige ASP-Datei kann die folgenden Elemente beinhalten:

- HTML-Code und Script-Code
- Script-Delimiters (Abgrenzungszeichen für die einzelnen ASP-Scriptteile)
- ASP-Objekte

Im herkömmlichen Sinne ist ASP keine Programmiersprache, sondern ein Standard, der unterschiedliche Sprachen miteinander verbindet. Bei diesen Programmiersprachen handelt es sich um sogenannte Skriptsprachen. Diese bilden eine Zwischenstufe zwischen der Seitenbeschreibungssprache HTML und herkömmlichen Programmiersprachen wie C++, Java oder Visual Basic. HTML dient im Normalfall dazu, Formatierungen und Verknüpfungen von Texten zu erstellen. Programmiersprachen erfüllen dagegen die Aufgabe, komplexe Anweisungen auf einem Computer auszuführen. Die Skriptsprachen sind dazwischen anzusiedeln, obwohl sie mehr Programmiersprache als Seitenbeschreibungssprache sind.

Standardmäßig unterstützt ASP die Verwendung der Skriptsprachen VBScript und JavaScript. Aber auch andere Skriptsprachen, wie z.B. Perl, können nachträglich integriert werden.

Es ist auch möglich, unterschiedliche Skriptsprachen in einer ASP-Anwendung zu integrieren. Das heißt, dass innerhalb einer ASP-Datei die verwendete Skriptsprache jederzeit neu definiert werden kann. Mit dieser Funktion können Skriptsprachen verwendet werden, die jeweils für eine bestimmte Aufgabe besonders geeignet sind.

Wie die meisten modernen Programmiersprachen, unterstützt die ASP-Technologie auch die objektorientierte Programmierung. Bei der objektorientierten Programmierung werden Objekte mit bestimmten Eigenschaften und Methoden erzeugt. Diese Objekte dienen als Vorlage und werden zur Benutzung instanziiert. Eine lokale Kopie eines Objektes kann die ihm eigenen Eigenschaften übertragen. Diese können durch Methoden verändert werden. Die vollständigen Programmiersprachen, wie z.B. C++ oder Java, bieten eine Vielzahl von Objekten und lassen auch die Definition eigener Objekte zu. ASP bietet zwar nur einige Objekte, mit einem sehr beschränkten Funktionsumfang, aber ein mit C++ oder Java definiertes Objekt kann sehr leicht in ASP eingebettet werden. Dies zeigt dass ASP exzellente Funktionserweiterungsfähigkeiten hat.

Das ASP-Modul wird als eine Komponente auf einem bestehenden Webserver (bspw. Microsoft Internet Information Server oder Apache Server) installiert und arbeitet wie die Abbildung 2.9 zeigt.

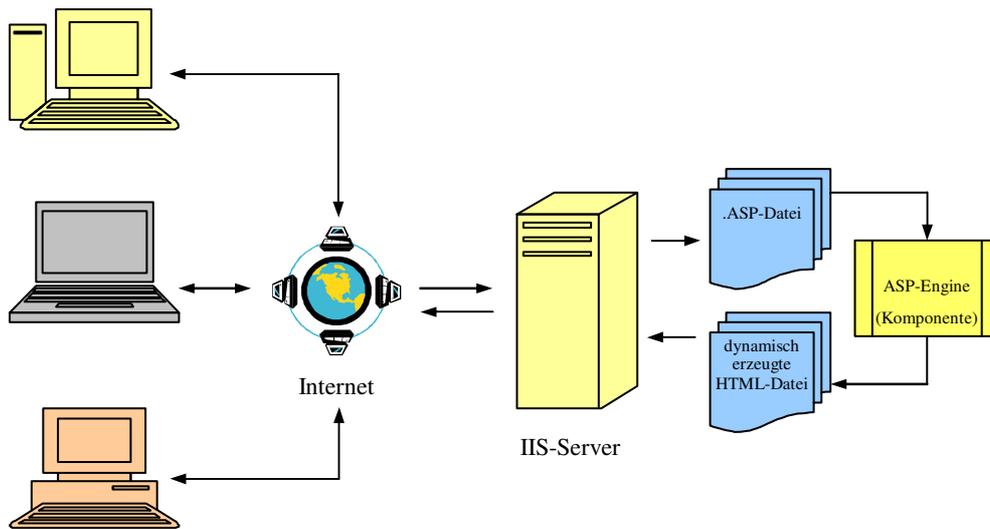


Abbildung 2.9: Ablauf einer ASP-Anfrage

Wenn ein Web-Client (egal unter welchem Betriebssystem) eine ASP-Datei (Textdatei mit der Endung .asp) anfordert, dann interpretiert die ASP-Komponente auf dem Webserver mittels Server Side Scripting den Skriptcode dieser ASP-Datei und liefert ein HTML-Dokument an den anfordernden Client, meist einen Webbrowser, zurück. Die Seiten werden komplett auf dem Server generiert und dann vollständig an den Client übergeben. Auf der Client-Seite ist die Interpretation der ASP-Datei unsichtbar. Es erfolgt lediglich die Anzeige der fertigen Seite.

3 Betriebsorganisationen und betriebliches Informationssystem

3.1 Organisation im Betrieb

Die Definition der Organisation ist nicht eindeutig. Sie kann planvolle Mittelwahl zur Lösung einer Aufgabe sein, sie kann die Strukturierung von Systemen zur Erfüllung von Daueraufgaben sein, sie kann aber auch die Summe aller Regelungen im Betrieb oder die Kombination von menschlicher Arbeitsleistung und Sachmitteln zur Verwirklichung eines Betriebszieles sein. In der Betriebswirtschaftlehre wird dieser Begriff sehr vielfältig verwendet, wobei je nach Betrachtungsebene unterschiedliche Aspekte betont werden.

Die Betriebsorganisation ist die Schaffung und Sicherung des Wirkzusammenhangs im Betrieb. Sie beinhaltet den Zusammenhang zwischen den Elementen der Arbeitssysteme und den Arbeitssystemen selbst, ebenso wie für die Arbeitsweise der Systeme, um deren Wirken herzustellen und zu sichern. Nach REFA umfasst die Betriebsorganisation die Planung, Gestaltung und Steuerung von Arbeitssystemen einschließlich der dazu erforderlichen Datenermittlung mit dem Ziel der Schaffung eines wirtschaftlichen und humanen Betriebsgeschehens. [Geitner, 1993] Verschiedene Unternehmen haben verschiedene Betriebsstrukturen, die verschiedene Organisationsweisen erfordern. Die Abbildung 3.1 zeigt die Betriebsstruktur von einem Produktionsunternehmen und deren drei Organisationsebenen nämlich Betriebsorganisationsebene, Produktionsorganisationsebene und Fertigungsorganisationsebene.

Organisationsebenen

Betriebsorgani-
sation und
Unternehmens-
führung
0

Produktions-
und Verwal-
tungsorgani-
sation
1

Fertigungs- und
Büroorgani-
sation
2

Arbeitsstudium
3

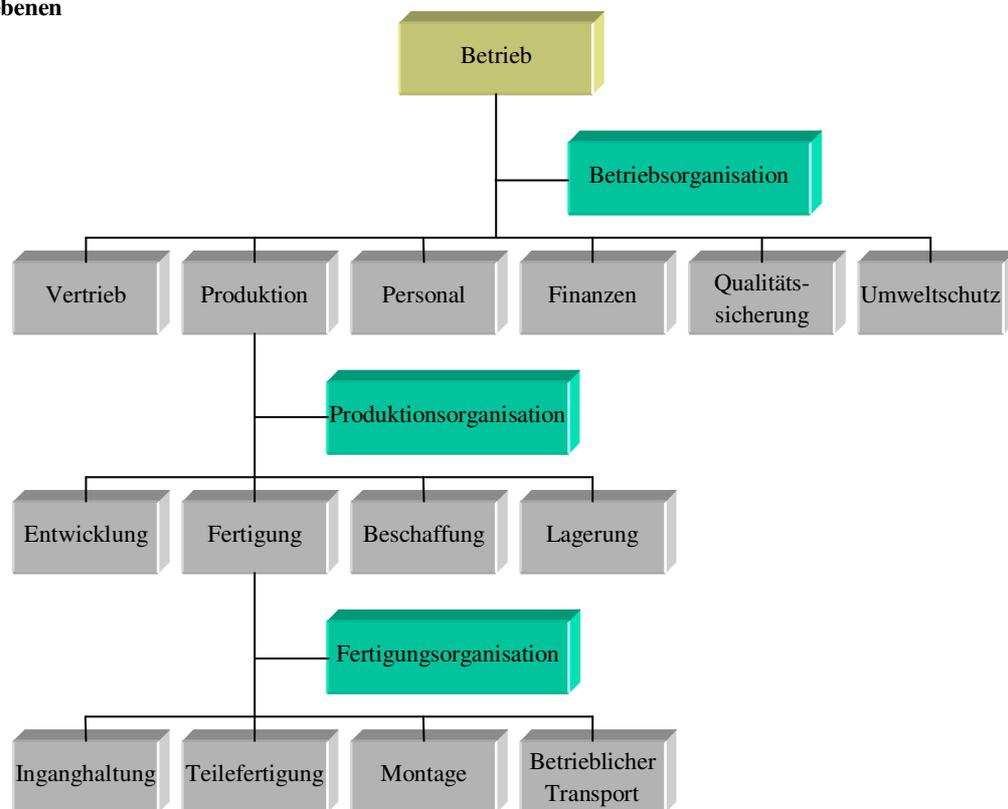


Abbildung 3.1: Betriebsstruktur und Organisationsebenen [CIBO, 1993]

Normalerweise wird die Organisation im Betrieb in drei Typen klassifiziert, wie die Abbildung 3.2 zeigt:

- Strukturorganisation
- Ablauforganisation
- Projektorganisation

Die Strukturorganisation befasst sich mit der Bildung und den Aufgaben der Stellen im Betrieb sowie mit der Verbindung der Stellen, der Strukturbildung. Typische Struktur-systeme sind z.B. Funktionalsystem, Liniensystem, Stab-Linien-System, Matrixsystem. Die Ablauforganisation befasst sich mit dem Tätigkeitsablauf in den Instanzen und hat im Rahmen der Informationsverarbeitung eine stärkere Bedeutung als die Strukturorganisation. Sie unterscheidet die Ablaufanalyse und die Ablaufgestaltung und wird am nachhaltigsten von dem Einsatz eines DV-Systems in Produktionsbetrieben beeinflusst.

Häufig angewendete Darstellungsformen der Ablauforganisation sind die lineare Darstellung, symbolische Darstellung, Matrix-Darstellung und eine Mischung aller drei Darstellungen. Die Projektorganisation ist Teil der Struktur- und Teil der Ablauforganisation, wird aber meist als eigenständiges Gebiet behandelt. Weil sie die Struktur- und Ablauforganisation für sachlich und zeitlich begrenzte Aufgaben ist, ist sie kasuistisch, interdisziplinär, temporär, in Phasen gegliedert und an phasenweise Freigabe gebunden.

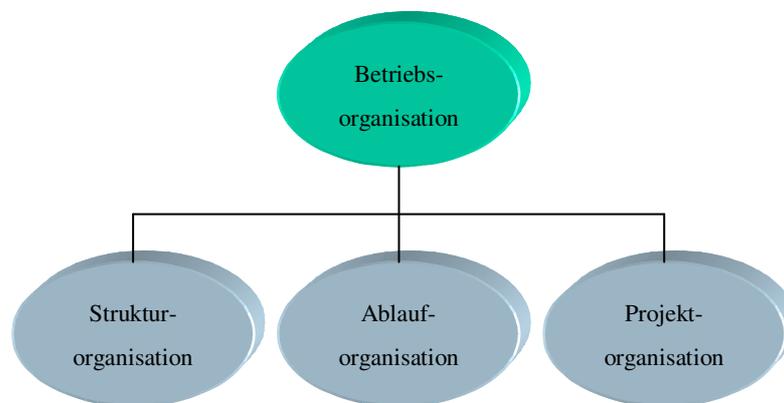


Abbildung 3.2: Betriebsorganisationsteilgebiete [Geitner, 1993]

Um effiziente Unternehmenssysteme aufzubauen oder vorhandene betriebliche Systeme optimaler laufen zu lassen, wird in allen drei Organisationstypen eine wichtige Arbeitsweise, nämlich die Modellierung, angewendet.

3.2 Modelliertes Unternehmen

3.2.1 Übersicht der Unternehmensmodellierung

Der steigende Wettbewerbsdruck zwingt die Unternehmen zu einer permanenten Überprüfung und Optimierung ihrer organisatorischen Strukturen und Abläufe. Dazu ist ein umfassender Überblick über das Unternehmen und seine Geschäftsprozesse eine notwendige Voraussetzung. Die Unternehmensmodellierung ist lediglich ein Ansatz, um den wachsenden Anforderungen an Flexibilität, Reaktionsschnelligkeit und Kun-

denorientierung gerecht zu werden, indem die im Rahmen der Geschäftsprozess- oder Produktionsablaufgestaltung entwickelten Modelle schnell in Informationssystemen realisiert werden. Geschäftsprozesse und Produktionsabläufe bieten dabei einen geeigneten Ansatzpunkt für die Unternehmensmodellierung, da über sie die makroskopische Verbindung zwischen Wettbewerb, Unternehmenszielen und Gestaltungsmaßnahmen oder über den mikroskopischen Zusammenhang zwischen Auftrag, Arbeitsplanung und Arbeitssteuerung hergestellt werden kann.

Der Zentralpunkt der Modellierung ist selbstverständlich das Modell. Was ist ein Modell? Im allgemeinen Sinne ist ein Modell ein Vorbild, das der Nachahmung dient, oder die – meist verkleinerte – Nachahmung eines Vorbilds. In der Betriebswirtschaftslehre beschreibt ein Unternehmensmodell wie ein Unternehmen gestaltet und betrieben werden soll. Es besteht aus Prinzipien, die beispielsweise in Form von Leitbildern, Richtlinien und Lehrsätzen vorliegen. Durch Anwendung der Prinzipien entstehen spezifische, individuelle Unternehmen. Folgende vier Aspekte sind die Vorteile und der Grund der Unternehmensmodellierung [Homburg, 1991]:

- Die Modelle schaffen Transparenz über die Elemente und Beziehungen innerhalb eines Unternehmens.
- Die Modelle können zur Erklärung der Funktionsweise des Unternehmens herangezogen werden.
- Die Modelle erleichtern die Kommunikation im Unternehmen.
- Die Modelle können für die Darstellung und Analyse verschiedener (organisatorischer, technischer) Lösungen eingesetzt werden.

Trotz des Vorzugs der Modellierung sind einige Voraussetzungen notwendig beim Modellieren eines Unternehmenssystems, besonders beim Modellieren betrieblicher Abläufe:

- Das System muss klassifiziert werden können. D.h. die Art und Größe des zu modellierenden Systems (Teilsystems) muss beliebig formulierbar sein. (Führungs-, Fertigungs-, Leitstands-, ...-System)

- Das individuelle Detaillierungsniveau darf nicht festgelegt sein: Das Modell kann von unterschiedlichen Abstraktionsebenen betrachtet werden. Grob- und Feindetaillierung kann gleichzeitig auftreten.
- Es gibt bestimmte Zusammenhänge zwischen den darzustellenden Daten und zwischen den Daten und der Zeit.
- Das Ablauf- und Datenmodell muss in einem Modell entwickelt werden können.
- Der Umfang des Datenvolumens muss darstellbar sein.

Bis Anfang der 70er Jahre waren alle oben genannten Voraussetzungen eine Überforderungen der Produktionsunternehmen, da kein einheitlicher Ansatz für ein Gesamtmodell bereitgestellt werden konnte. Aber mit der Entstehung von „CIM“ wurde ein Aufschwung der Unternehmensmodellierung im Produktionsunternehmen herbeigeführt.

3.2.2 CIM in Produktionsunternehmen

CIM steht für Computer Integrated Manufacturing. Der Schwerpunkt liegt dabei sicher auf dem Begriff Integration. CIM ist ein Sammelbegriff für verschiedene computergestützte Tätigkeiten, die in einem Unternehmen durchgeführt werden. Es beschreibt den integrierten EDV-Einsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Betriebsbereichen und umfasst das informationstechnische Zusammenwirken zwischen CAD, CAP, CAM, CAQ und PPS. [AWF, 1985] Hierbei soll die Integration der technischen und organisatorischen Funktionen zur Produktion erreicht werden. Dies bedingt die gemeinsame Nutzung aller Daten eines EDV-Systems, auch Datenbasis genannt.

Das CIM-Konzept wurde im Jahre 1973 von Joseph Harrington zuerst vorgestellt. [Harrington, 1973] Damit will er die Bedeutung von Informationen in der Produktion, sowie die Synergiepotentiale bei der Verknüpfung der Insellösungen hervorheben. Er sprach von „pieces of puzzles“. Damit meinte er die Insellösungen, wie CAD, NC, CAM, usw. welche in einem Betrieb alleine, ohne jede EDV-Anbindung untereinander,

angewendet wurden. Aus dem CIM-Konzept lässt sich sehr gut eine Unternehmensmodellierung herleiten.

Obwohl in heutigen Produktionsunternehmen durch den Einsatz des CIM große Erfolge erzielt werden und das Automatisierungsniveau rapid vorangetrieben wird, ist der Weg zur menschenleeren Fabrik noch sehr lang, wegen der unstandardisierten Protokolle und Schnittstellen und der mangelnden Einigungsfähigkeit bei der Definition von Basiskomponenten.

3.2.3 CIM-Y-Modell

Da verschiedene Unternehmen verschiedene Unternehmensstrukturen haben und daher nach dem eigenen Bedarf der Unternehmen verschiedene CIM-Komponenten von verschiedenen Herstellern angewendet werden, sind diese CIM-Systeme in diesen Unternehmen sehr different, obwohl sie denselben Namen „CIM“ haben. Auch bei den Herstellern von CIM-Komponenten wird das Modell nach den eigenen Erfahrungen von realen Umsetzungen und Vorstellungen gebaut. Es ist unterschiedlich strukturiert und die Integrationskomponente, das ist das I in CIM, erfährt unterschiedliche Interpretationen. [Geitner, 1991]

Durch CIM sollen sämtliche operativen Informationssysteme eines Industriebetriebes miteinander verknüpft werden. Dabei steht insbesondere die Verbindung zwischen betriebswirtschaftlichen und technischen Systemen im Vordergrund. In zahlreichen CIM-Modellen ist das CIM-Y-Modell von August-Wilhelm Scheer sehr bekannt. Das CIM-Y-Modell zeigt die an der Integration beteiligten Komponenten beider Bereiche in anschaulicher Form und versucht eine Verbindung der technischen (CAD, CAM, CAP, CAQ) und der betriebswirtschaftlichen Funktionsbereiche im PPS herzustellen. [Steinmann, 1992] Die Abbildung 3.3 zeigt das CIM-Y-Modell:

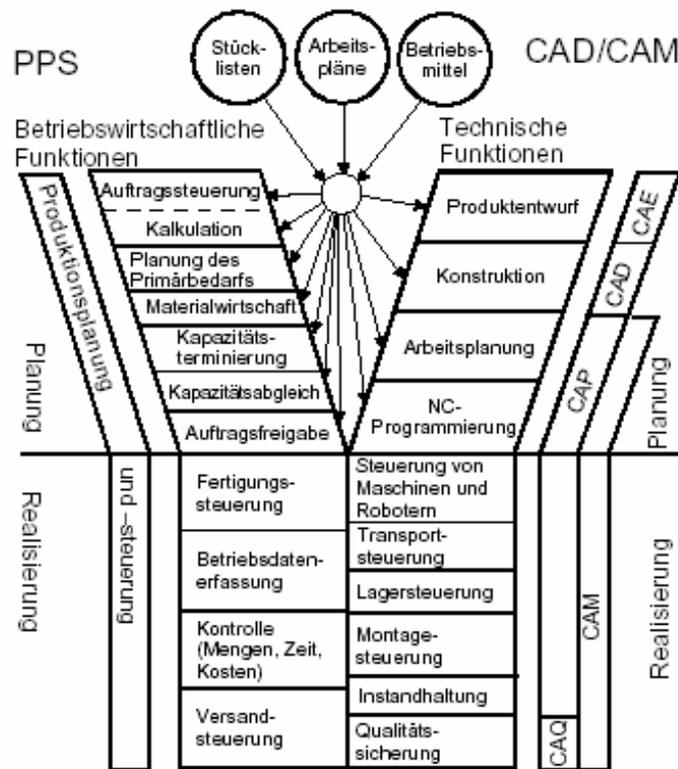


Abbildung 3.3: Das CIM-Y-Modell [Scheer, 1990]

Das Produktionsmodell von Scheer verwendet einen Modellrahmen mit Dimensionen Phasen und Ziele. Es werden auf der Lenkungsebene die Integrationsziele, Verknüpfungen und Zielausrichtungen realisiert. Das Leistungssystem ist in die Betrachtung nicht explizit einbezogen.

Das CIM-Y-Modell hat folgende Eigenschaften:

- Es versucht Funktionen nach deren Ablauf darzustellen, Detaillierung bis auf die Ebene der Daten- und Funktionsmodell
- Beschränkung im Bereich der Produktion, kein ganzheitliches Modell des Industriebetriebes
- Differenzierung zwischen technischen und betriebswirtschaftlichen Aufgaben

3.2.4 CIM-OSA

CIM-OSA steht für Open Systems Architecture for Computer Integrated Manufacturing. Diese Informationssystemarchitektur entstand unter dem Forschungsprojekt Nr. 688 „AMICE“ des ESPRIT Programms (ESPRIT: European Strategic Program for Research and Development in Information Technology) der Europäischen Gemeinschaft (heutige Europäische Union) und wurde unter der Leitung eines Konsortiums führender Unternehmen (u. a. HP, Siemens, IBM, DaimlerChrysler) entwickelt. AMICE steht für European Computer Integrated Manufacturing Architecture und verfolgt das Ziel einer offenen CIM-Architektur. Inhaltlich konzentriert sich CIM-OSA auf zwei Gebiete [Pense, 1990]:

- Entwurf von CIM-Anwendungsstrukturen
- Standardisierung der Protokolle für die Integration der Anwendungen

Die Darstellung von CIM-OSA wird in der Abbildung 3.4 gezeigt:

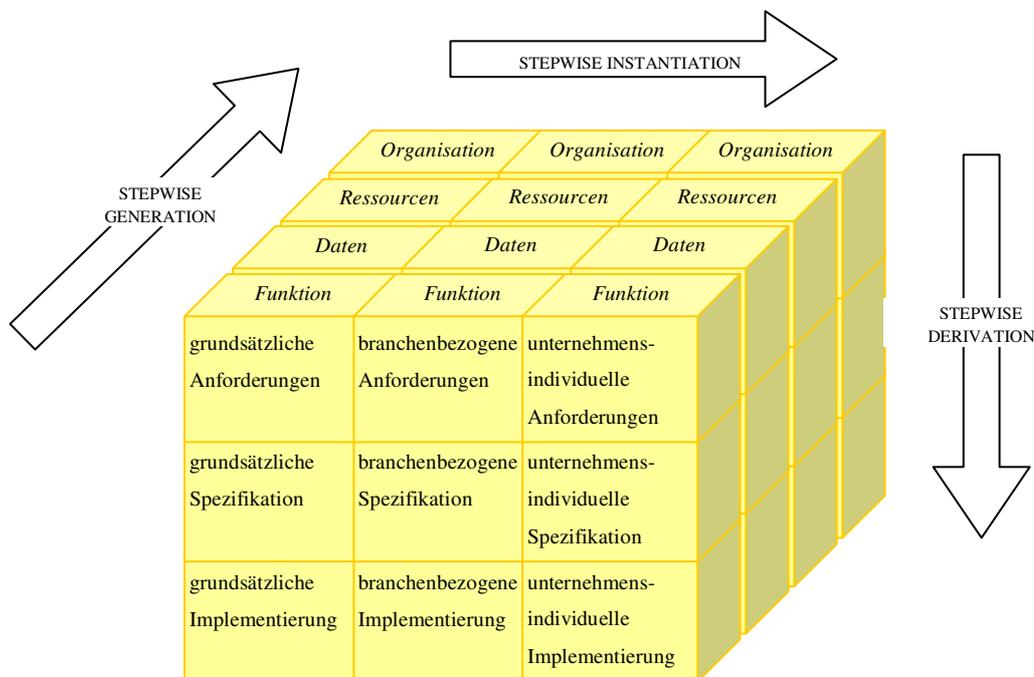


Abbildung 3.4: CIM-OSA-Architektur [Jost, 1993]

In diesem CIM-OSA-Würfel für die Darstellung des CIM-OSA-Modells wird eine dreidimensionale Sicht erzeugt. Die drei Dimensionen sind:

1. stufenweise Ableitung (stepwise derivation)
2. stufenweise Konkretisierung (stepwise instantiation)
3. stufenweise Generierung (stepwise generation)

Diese Dimensionen verfolgen eine stufenweise Verfeinerung des Abstraktionsgrades des Modells. Die Dimension „stufenweise Ableitung“ unterscheidet dabei drei Beschreibungsebenen eines Phasenkonzepts:

- Anforderungsdefinition (requirements definition)
- Entwurfsspezifikation (design specification)
- Umsetzungsbeschreibung (implementation description)

Sie beschreiben den Implementierungsprozess von der Festlegung der Anforderungen bis zur Implementierung. In der Anforderungsdefinition werden die Anforderungen an die verschiedenen Unternehmensteile in Form von Unternehmenszielen und Einschränkungen definiert. In der Entwurfsspezifikation wird das Modell der Anforderungen, das in allgemeinverständlicher Sprache beschrieben wird, in detaillierte Spezifikationen für alle Geschäftsvorgänge, Daten, Ressourcen und Verantwortlichkeiten umgesetzt. In der Umsetzungsbeschreibung werden endgültige Festlegungen getroffen.

Die Dimension „stufenweise Konkretisierung“ zeigt den Weg von der allgemeinen zur konkreten CIM-Anwendung und unterscheidet auch drei Beschreibungsebenen:

- Ursprungsebene
- Teilbereichsebene
- Einzelanwendungsebene

In der Ursprungsebene sind allgemeine CIM-Konzepte, CIM-Strukturen, CIM-Modelle dargestellt, d.h. diese Ebene enthält nur den allgemeinen Entwurf, der jedem zur Verfügung steht, der sich mit Unternehmensmodellierung befasst. In der Teilbereichsebene werden spezielle Modellteile der Ursprungsebene zugeordnet, die ähnliche Programmodule haben und mit mehreren Optionen verwendet werden können. In der Einzelanwendungsebene werden der in der Ursprungsebene erstellte Entwurf und die

in der Teilbereichsebene zugeordneten Modelle zu einer bestimmten Anwendung zusammengeführt werden.

Um die Transparenz des Modells der Dimension „stufenweise Generierung“ zu erhöhen, werden vier Sichten unterschieden:

- Funktion
- Daten
- Ressourcen
- Organisation

Die Funktionssicht ist die detaillierteste Sicht. Sie enthält eine hierarchische Aufgliederung von Unternehmensprozessen. Innerhalb dieser Sicht erfolgt die Beschreibung der Struktur und des Verhaltens dieser Geschäftsprozesse. Da die CIM-Anwendung aus den betrieblichen Funktionen (von Vertrieb bis Versand) entwickelt wird, ist hier die Funktionssicht am wichtigsten. Das Datenmodell wird analog zur Funktionssicht entwickelt. Alle Vorgänge, Aktivitäten, Daten, Informationen, Ressourcen und Objekte werden nach informationstechnischen Konzepten als Daten beschrieben. Bei der Ressourcensicht werden alle Ressourcen überprüft und optimiert. Bei der Organisationssicht werden die Verantwortlichkeiten für die Elemente: Daten, Funktionen, Kontrolle und Ressourcen usw. überprüft und optimiert. Die Ressourcensicht und Organisationssicht sind zwar für das Gesamtmodell notwendig aber vergleichsweise von unterordneter Bedeutung.

Aufgrund der hohen Komplexität des CIM-OSA Systems und bestehender mächtigerer Architekturen konnte sich CIM-OSA kaum wirklich durchsetzen. Die Anwendung dieses Modells bereitet in der Praxis von Unternehmen, besonders von kleinen und mittleren Unternehmen, erhebliche Schwierigkeiten. Problematisch erscheint insbesondere die strenge konzeptionelle top-down Vorgehensweise der Modellerstellung auf der Grundlage generischer Bausteine. Die Einsetzung bereits existierender CIM-Lösungen im Gesamtmodell stellt auch ein Problem dar. Sie sind schwer einzubinden, weil Generierungsstufe und Anpassungen unabhängig vom Modell arbeiten.

Die Modellerstellung erfolgt in einer strukturierten Form unter zu Hilfenahme der von CIM-OSA zur Verfügung gestellten Vorlagen. Der Umfang der Vorlagen ist aufgrund der Komplexität der Thematik enorm und wird dadurch unübersichtlich. Es wird zwar auch die Möglichkeit einer grafischen Beschreibung vorgesehen, doch stellt CIM-OSA keine grafische Modellierungsmethode zur Verfügung. Um das Modell in der Praxis einzusetzen, ist eine Vereinfachung des Modells notwendig. Das Modell muss mit der betrieblichen Struktur übereinstimmen.

3.2.5 REFA-OSA

Der REFA-Verband gilt als Deutschlands älteste und bedeutendste Organisation für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung. Er wurde 1924 als Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung, kurz REFA, gegründet. Zweck des REFA-Verbandes ist die Förderung von Wissenschaft und Bildung in den Bereichen Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung. Dies dient dem Aufbau und der Erhaltung einer wettbewerbsfähigen Wirtschaft.

Um das Unternehmensmodell anschaulicher, und um den CIM-Inhalt etwas praxisorientierter erscheinen zu lassen, konzentrierte sich REFA auf die Forschung von zwei Bereiche im Betrieb, nämlich die betrieblichen Funktionen und deren Aufgaben. REFA hat das CIM-OSA-Modell von der dreidimensionalen Darstellung zur zweidimensionalen Darstellung vereinfacht und ein eigenes REFA-OSA-Modell beschrieben. Das REFA-OSA-Modell ist ein logistisch-kybernetisches Mehrstufen- und Mehrebenenmodell. Das Unternehmensmodell zeigt dieses Modell mit allen Aufgaben und den wesentlichen betrieblichen Funktionen. Jede betriebliche Funktion wird mit ihren Aufgaben strukturiert.

Die Abbildung 3.5 zeigt eine Systemmatrix von diesem Modell:

Aufgaben						
Entscheidung						
Planung						
Steuerung						
Ausführung						
Kontrolle						
Berechnung						
Auskunft						
	Vertrieb	Entwicklung	Fertigungs- vorbereitung	Fertigung	Qualitäts- sicherung	kaufmännische Verwaltung
	Funktionen					

Abbildung 3.5: Aufgaben und Funktionen im REFA-OSA-Modell

In der Vertikalen werden die einzelnen gleichartigen Aufgaben im Sinne des Prozessablaufs genannt, die in jeder betrieblichen Funktion anfallen. Es muss geplant und gesteuert werden, es müssen Tätigkeiten ausgeführt werden usw.. In der Reihenfolge des Tätigkeitsablaufs sind in der Systemmatrix folgende Aufgaben unterschieden:

- Entscheidung,
- Planung,
- Steuerung,
- Ausführung,
- Kontrolle,
- Berechnung,
- Auskunft.

In der Horizontalen werden die einzelnen wichtigsten betrieblichen Funktionen gezeigt:

- Vertrieb,
- Entwicklung,

- Fertigungsvorbereitung,
- Fertigung,
- Qualitätssicherung,
- kaufmännische Verwaltung.

Die Funktionen Vertrieb bis Versand lassen die Systemmatrix zu einem „logistischen Modell“ werden. Mit Eintragen der betrieblichen Funktionen in der horizontalen Achse und der Aufgaben innerhalb dieser Funktionen in der vertikalen Achse wird die Systemmatrix zu einem logistischen Mehrstufenmodell.

Nach dieser Systemmatrix wurde ein zweidimensionales Unternehmensmodell entsprechend erstellt. Die Abbildung 3-6 zeigt das Unternehmensmodell.

Die oberste Ebene zeigt die Entscheidungsebene mit der Unternehmensführung. Darunter folgen die Systeme für Planung und Steuerung, wie sie für die einzelnen Funktionsbereiche existieren. Darunter folgen die ausführenden Systeme für jeden Aufgabenbereich. Im heutigen Produktionsbereich werden die ausführenden Systeme hauptsächlich durch die CA-Systeme (CAD, CAP, CAM, CAQ) dargestellt. Im Verwaltungsbereich werden überwiegend Textverarbeitung einschließlich Bildschirmtext, unter dem Begriff CAO (Computer Aided Office) zusammengefasst.

In der Abbildung 3.6 steht PS grundsätzlich für Planungs- und Steuerungssystem, der Buchstabe davor bezeichnet die betriebliche Funktion. Die Gliederung folgt in der Horizontalen dem Auftragsfluss. Die Gliederung in der Vertikalen zeigt in Verbindung mit der Gliederung in der Horizontalen eine Vernetzung der einzelnen Funktionen. Innerhalb der Fertigung ist es das Fabriknetz, und innerhalb der Verwaltung ist es ein Büronetz. In der Abbildung stellt sich ebenfalls die computerunterstützte Kommunikation zu den Partnern eines Unternehmens, den Kunden und Lieferanten, dar. Hier sind die Fernnetze WAN (Wide Area Network) zu installieren.

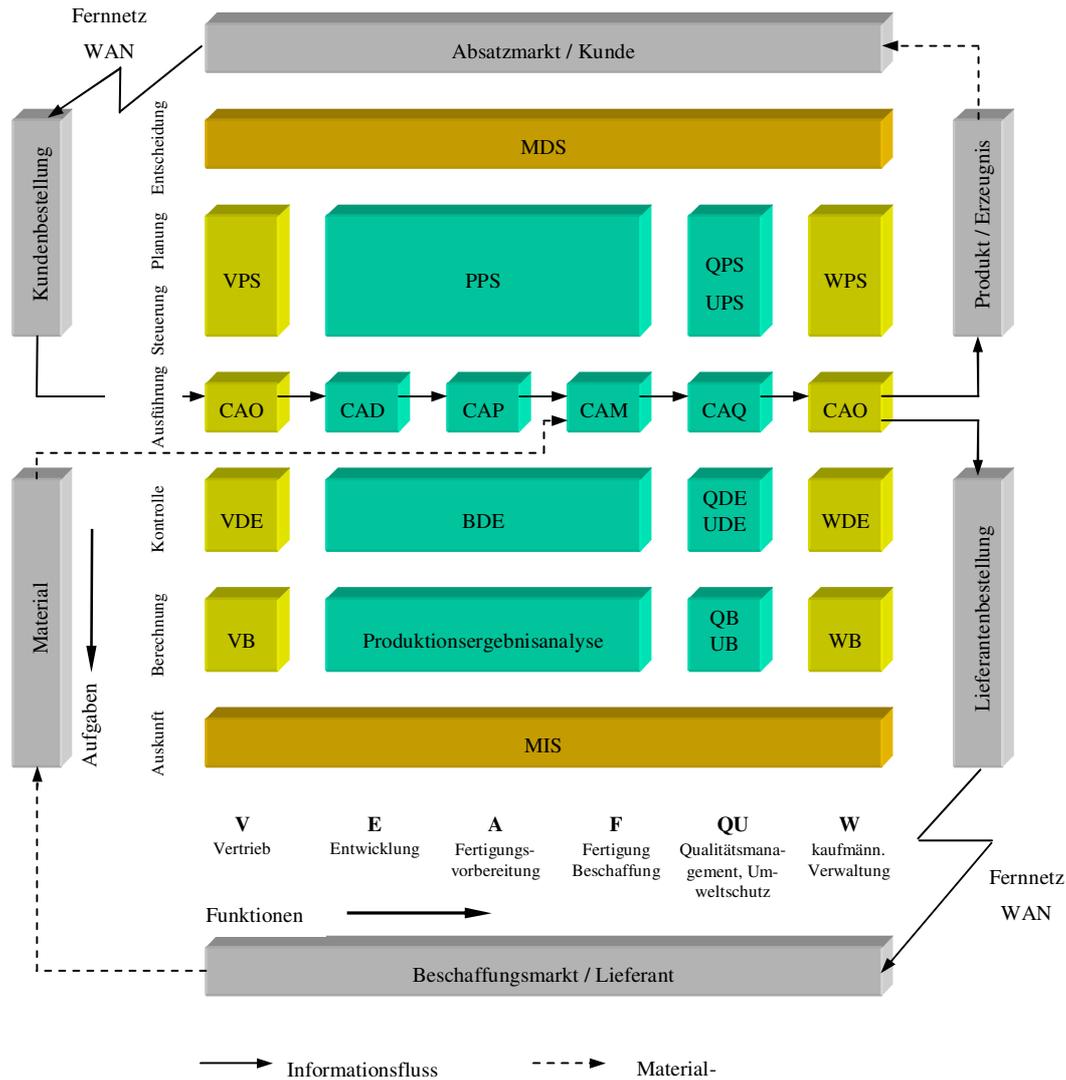


Abbildung 3.6: CIM im Unternehmensmodell [Geitner, 1997]

Dieses Modell arbeitet mit organisatorischen Bausteinen (Systempyramide), die schon eine gewisse Grundstruktur haben und beliebig verbunden werden können. In diesem Sinne eignet sich das REFA-OSA-Modell besonders zum Aufbau verteilter Strukturen, weil offene verteilte Systeme, um transparent zu bleiben, aus repetitiven Bausteinen so aufgebaut werden müssen, dass sich der Integrationsbedarf klar aus der Modellstruktur ableiten lässt.

In der Unternehmenssystemmatrix haben die betrieblichen Funktionen zwar eigene unterschiedliche konkrete Aufgaben, aber der Aufgabentypus jeder Funktion ist in der entsprechenden Phase des Prozessablaufs ähnlich. Aus diesem Grund hat REFA eine

Standardprozesskette (auch Systempyramide genannt) definiert, die aus sieben Aufgaben besteht und mehrere Rückkoppelungskreise aufweist, um das Unternehmensmodell besser zu beschreiben.

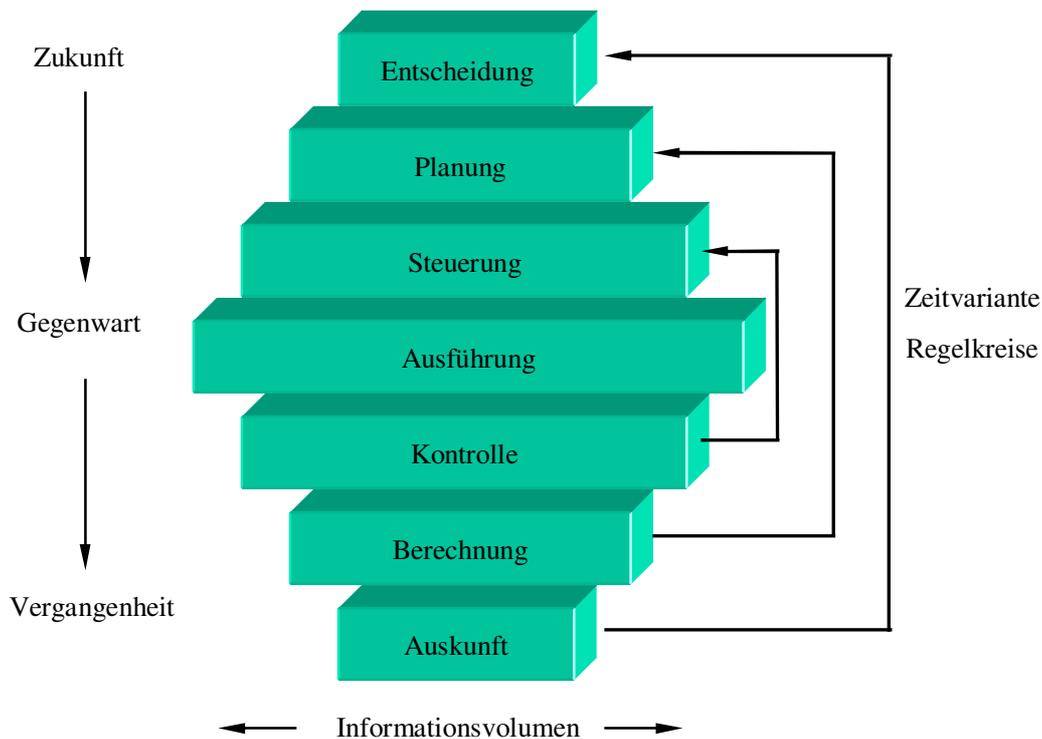


Abbildung 3.7: REFA-Standardprozesskette

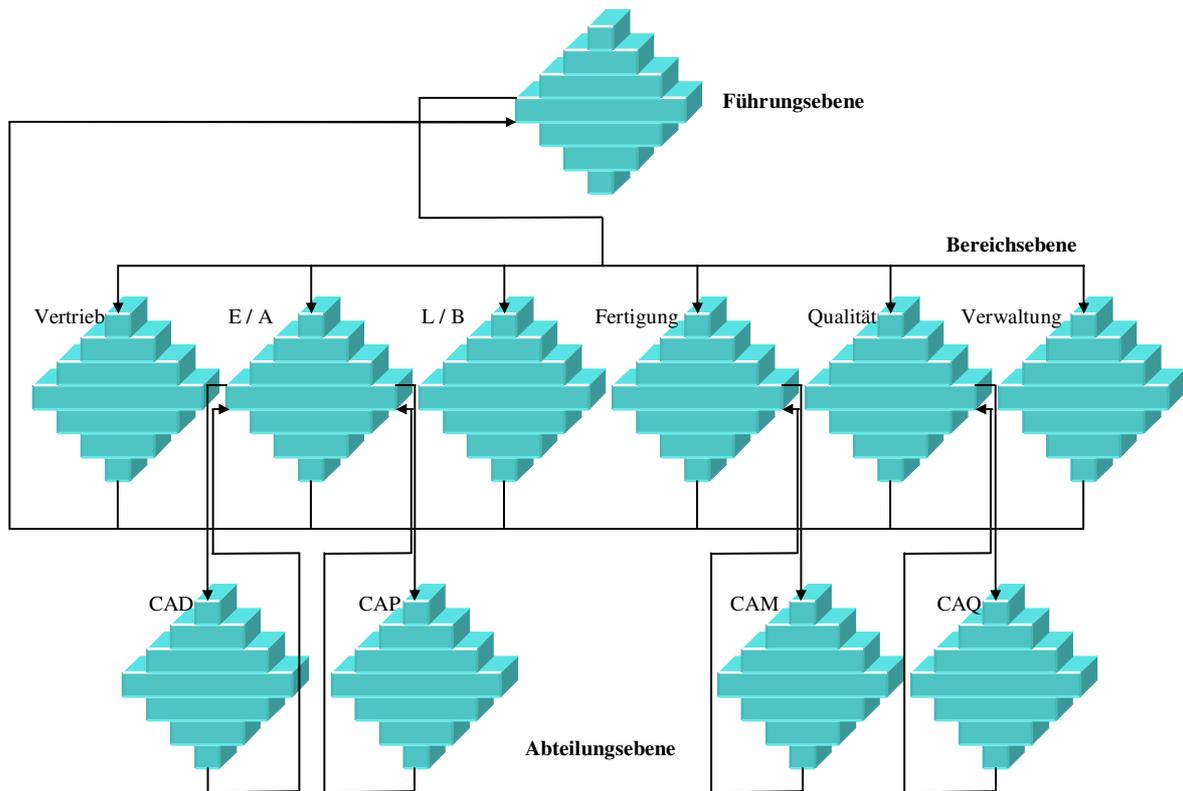
Diese Standardaufgaben sind in obiger Abbildung 3.7 gezeigt. In dieser Abbildung haben die verschiedenen Aufgabebenen verschiedene Breiten. Der Balken für die Aufgabe der Ausführung ist sehr breit, die Balken für die Aufgaben der Entscheidung und des Berichtswesens sind dagegen schmaler dargestellt. Hier symbolisiert die Breite der Darstellung den Umfang der Informationen: Die Informationen sind in der Ausführungsphase sicher am umfangreichsten. Sie müssen zur Entscheidungsstufe wie auch zur Berichtsstufe verdichtet werden. Die Richtung der Entscheidungsstufe folgt dabei dem Pfad in der Zukunft, die Richtung zur Berichtsstufe folgt dem Pfad in der Vergangenheit. Die Informationssysteme befinden sich hier also auf einer Zeitachse und bilden von der Entscheidung bis zum Bericht eine Standardprozesskette.

Abgesehen davon, dass die Planung zum Teil als Gestaltung ausgeprägt sein kann, und dass das Berichtswesen als Dokumentations- oder Auskunftswesen auftreten kann, enthält diese Prozesskette grundsätzlich alle denkbaren Aufgaben, die in einer Funktion vorkommen können.

Es gibt drei Regelkreise in der Standardprozesskette, nämlich den kurzfristigen, den mittelfristigen und den langfristigen Regelkreis. Es ist deutlich, dass die Entscheidungskomponente mit jedem Regelungsdurchlauf auf die Gesamtaufgaben wirkt. Deshalb gibt der langfristige Regelkreis dem Entscheidungssystem eine gewisse Regeleigenschaft. Der mittelfristige Regelkreis gibt dem Planungssystem eine Regeleigenschaft. Ebenso gibt der kurzfristige Regelkreis dem Steuerungssystem über Veranlassung, Überwachung und Sicherung eine Regeleigenschaft. Die Regelkreise sind dynamisch, nicht linear, zeitvariabel und mit verteilten Parametern versehen.

Die Darstellung der Prozesskette der Unternehmensführung in einer solchen Pyramide ist für große Unternehmen sicher sinnvoll. Für die einzelnen Funktionen bleiben gleichwohl die Standardprozessketten dieser Art vollständig erhalten: Auch hier sind Entscheidungen zu treffen, die nicht von der Unternehmensführung wahrgenommen werden. Es wird deutlich, dass mit diesem Konzept nicht nur die Verbindung, sondern auch die Aufgliederung großer Informationszusammenhänge in verteilte Systeme unterstützt werden.

In diesem Konzept sind die betriebliche Struktur und die Verteilung und Reihenfolge der Aufgaben leicht darstellbar. Nach der Eigenschaft der Standardprozesskette beim Erstellen eines Unternehmensmodells kann die Standardprozesskette auf beliebige betriebliche Funktionen und über eine frei wählbare Anzahl von Ebenen angewendet werden. Damit kann das Modell flexibel an jeden gewünschten Detaillierungsgrad angepasst werden. [Geitner/Dippel, 1997] Ein Beispielmmodell eines mittleren Unternehmens zeigt die Abbildung 3.8:



E/A = Entwicklung und Arbeitsvorbereitung

L/B = Lagerung und Beschaffung

Abbildung 3.8: Beispielsmodell eines mittelständigen Betriebs

Die Funktionen jedes Subbereichs oder jeder Abteilung werden in der Tabelle 3.1 dargestellt:

	Entscheidung	Planung	Steuerung	Ausführung	Kontrolle	Berechnung	Auskunft
Führung	Unternehmensentscheidung	Auftrags- und Budgetplanung	Auftrags- und Budgetsteuerung	Ausführung	Revision	Geschäftsbuchhaltung	Geschäftsbericht
Vertrieb	Programmsimulation	Verkaufsplanungssystem	Verkaufssteuerungssystem Auftragsbildung	z.B. Direkte Werkesaktion, Auftragsbestätigung	Vertretüberwachungssystem Verfügbarkeitskontrolle	Provisionsrechnungssystem	Verkaufsberichtssystem
Entwicklung/ Arbeitsvorbereitung (E/A)	Teile der Auftragsimulation	Planungssystem der E/A	Steuerungssystem der E/A	Ausführendes System der E/A CAD: Stückliste, Zeichnung CAP: Arbeitsplan, NC-Programm	Projekttermin, Qualitätssystem, Kontrolle, Rückmeldung, Kollisionsprüfung	Projekt abrechnungssystem	Bericht- und Dokumentationssystem
Lagerung/ Beschaffung (L/B)	Teile der Auftragsimulation	Planungssystem für L/B	Steuerungssystem der L/B Bestellungsbearbeitung	ausführendes System der L/B, Bestellung	Lagerungsinventur, Wareneingangkontrolle Terminüberwachung	Lagerbuchhaltung Kreditorenhaltung	Berichtssystem
Fertigung	Auftragsimulation	Fertigungsplanung	Fertigungssteuerung Materialwirtschaft, Kapazitätswirtschaft	CAM, Fertigungs-, Handhabungs-, Transport- und Lagerungssystem	Mengen-, Termin- und Qualitätskontrolle BDE	Fertigungsabrechnung	Fertigungsstatistik
Qualität	Entscheidung	Qualitätsverwaltung	Qualitätssteuerung Qualität Lenkung	CAQ, Qualitätsprüfung	Qualitätskontrolle QDE	Qualitätsanalysen	Qualitätsstatistik
Verwaltung	Personalsimulationssystem	Personalplanungssystem	Personalsteuerungssystem	Ausführendes System CAO	Zeiterfassung	Lohn- und Gehaltsabrechnung	Berichtssystem
CAD	CA Decision	CA Development	CA Design	CA Drafting: Zeichnung Stückliste: Detailierung	Test	Analyse	Dokumentation
CAP	Arbeitsplan Entwurf	Ermittlung der Arbeitsabläufe	Vorgangsplanung	NC-Programmerstellung	Test	Zeitermittlung	Dokumentation
CAM	Aktionsentscheidung	Aktionsplanung	Steuerungssystem	Handhabungssystem	Sensorsystem	Grenzwertüberschreitung	Maschinentendaten Dokumentation
CAQ	Entscheidung		Steuerung	Handhabungssystem	Sensorsystem	Messwertanaly-sesystem	QDE

Tabelle 3.1: Funktionen der Subbereiche und Abteilungen eines mittelständigen Betriebs

Durch ein Modell, wie abgebildet, können wir sehen, dass jede Prozesskette sowohl ein eigenes Regelsystem als auch ein offenes System, das nach eindeutigen Regeln erweitert, verdichtet und mit anderen Prozessketten verbunden werden kann, darstellt. Es ist deutlich, dass mit so einem Modell nicht nur die Verbindung, sondern auch die Aufgliederung großer Informationszusammenhänge in verteilte Systeme unterstützt wird. Mit Hilfe dieses Modells können Informationen in einem Unternehmen strukturiert abgespeichert werden. Der Manager entnimmt problemorientiert die nötigen Informationen, die in den Fachabteilungen bereits aufbereitet, diskutiert und abgespeichert worden sind. Es ist unschwer zu erkennen, welche Aufgaben in einem Betrieb bereits durch Systeme abgedeckt sind und für welche Aufgaben und betriebliche Funktionen noch Systeme zu schaffen sind.

3.3 Ein betriebliches Informationssystem: AIBAS

3.3.1 Grundideen vom AIBAS

AIBAS steht für Allgemeine Individuelle Betriebliche Anwendungssystem. Normalerweise sind die Begriffe „Allgemeine“ und „Individuelle“ gegensätzlich. Allgemeine Software meint Standardpakete. Sie können als fertige Produkte mit vollständig ausgearbeiteten Programmen für bestimmte Aufgaben in unterschiedlichen Branchen auf dem Markt erworben und ohne Änderung eingesetzt werden. Microsoft Office für Büroanwendungen gehört zum Beispiel zu dieser Kategorie. Das andere Extrem sind individuelle Softwarelösungen. Sie sind Systeme, die eigens für den jeweiligen Verwendungszweck entwickelt und den persönlichen und betrieblichen Gegebenheiten angepasst werden.

Zu Beginn der Datenverarbeitung, insbesondere im Rechenzentrumsbetrieb, wird Individualsoftware bevorzugt. Erst allmählich wird für wiederkehrende, vielfach vorkommende Problembereiche eine Standardsoftware entwickelt. Diese Entwicklung wird von mehreren Faktoren begünstigt:

- Die Entwicklung und Wartung von Anwendungssystemen wird zunehmend teurer. Die laufende Anpassung von existierenden Anwendungen an die veränderte Hardware und Systemsoftware ist oft von den Benutzern nicht mehr finanzierbar.
- Bestimmte Anwendungen, die als identisch bezeichnet werden können, werden von einer Vielzahl von vorhandenen und potentiellen Benutzern benötigt. Es ist möglich geworden, die Entwicklungs- und Wartungskosten gemeinsam zu tragen.
- Rechnerhersteller und Softwarehäuser haben den personellen Engpass des Benutzers erkannt, ebenso die Möglichkeit, die eigenen Kunden noch stärker an sich zu binden.

Die Vorteile der Standardsoftware liegen hauptsächlich in ihrem großen Funktionsumfang und ihrer großen Verbreitung. Um einen großen Kundenkreis anzusprechen muss eine Standardsoftware so viel Anforderungen wie möglich der vorhandenen und potentiellen Kunden abdecken, deshalb ist der Funktionsumfang entsprechend groß. Durch die weite Verbreitung des Einsatzes von Standardsoftware, liegen entsprechende Erfahrungen vor. Ebenso steigt der Reifegrad mit der Verbreitung an. Dadurch können die Kosten niedriger gehalten werden. Von der Benutzerseite ist kein eigener Entwicklungsaufwand erforderlich. Die Software wird von neutralen Stellen geprüft.

Durch den großen Funktionsumfang der Standardsoftware gibt es aber auch wesentliche Nachteile. Kein Endbenutzer braucht alle Funktionen einer Standardsoftware hundertprozentig. So nutzt beispielsweise ein durchschnittlicher Benutzer von Microsoft Word nur ca. 30% aller Funktionen. Damit sind 70% der Funktionen überflüssig. Wegen dieser unnötigen Funktionen wird die Software ziemlich schnell unübersichtlich beim Benutzen. Zudem werden noch Ressourcen für nicht benötigte Funktionen gebunden. Um die spezifischen Bedürfnisse eines Unternehmens befriedigen zu können, muss sich der Endbenutzer außerdem in die betreffende Aufgabestellung anpassen. Solche Anpassungen fordern von dem Benutzer normalerweise einen hohen Aufwand. Aufgrund des Funktionsumfangs gestaltet sich dies jedoch oft sehr schwierig und kann nur von Experten beherrscht werden.

Die Nachteile der Standardsoftware sind gleichzeitig die Vorteile einer Individuallösung. Eine Individualsoftware deckt exakt die gestellten unternehmensspezifischen Anforderungen ab und bietet damit eine maßgeschneiderte Lösung. Demgegenüber stehen eine langfristige und aufwendige Entwicklung mit hohen Kosten. Deshalb heißt es „für individuelle Programme kommt die Eigenentwicklung oder Fremdentwicklung (z.B. durch Softwarehäuser) in Frage“. [Hansen, 1992]

AIBAS versucht die Vorteile von Individualsoftware und Standardsoftware zu verbinden. Auf der einen Seite basiert AIBAS auf allgemein anerkannten offenen Standards. So unterstützt es z.B. alle gängigen relationalen Datenbanken durch die ODBC-

Schnittstelle. Zudem werden Referenzmodelle für betriebswirtschaftliche Anwendungen wie z.B. PPS angeboten, die alle notwendigen und oft verwendeten Funktionen beinhalten. Auf der anderen Seite besteht die Möglichkeit diese Referenzmodelle mit einem Werkzeugsatz den individuellen Erfordernissen anzupassen und um weitere Funktionen zu ergänzen.

Als ein betriebliches Anwendungssystem hat AIBAS folgende Merkmale:

- AIBAS basiert auf dem Konzept des REFA-OSA-Modells
Ein von AIBAS aufgebautes Systemmodell bezeichnet die Systemarchitektur und Systemauflösung der Anwendung nach dem REFA-OSA-Modell. Eine betriebliche Anwendung besteht aus mehreren Funktionen wie z.B. Vertrieb, Produktion, Personalwesen und Finanzen usw.. Eine Funktion wird in mehr oder weniger zahlreiche Einzelfunktionen der Produktion aufgespaltet, wie z.B. die Entwicklung, die Arbeitsvorbereitung, die Beschaffung, die Lagerung, die Fertigung, usw.. Diese Einzelfunktionen werden in einer Prozesskette von Entscheidungs- bis zur Auskunftsstufe eingeordnet, um den Zusammenhang deutlich zu machen. Im Systemmodell wird auch der Datenfluss festgelegt. Das Konzept wurde schon im Abschnitt 3.2.5 vorgestellt.
- Für den Benutzer ist AIBAS ein programmierfreies System
AIBAS ist eine anwenderorientierte programmierfreie Entwicklungs- und Verwaltungsumgebung. Alle Werkzeuge haben benutzerfreundliche graphische Benutzeroberflächen und erfordern keine Programmierung. Der Benutzer braucht nicht mehr seine Unwissenheit bezüglich der Programmier- und Abfragesprachen zu fürchten. Er hat nun nur die Aufgabe, seine logische Idee in eine einfache und eindeutige Form zu bringen, oder aus Lösungsalternativen die optimale auszuwählen und anzuwenden. Er kann sich deshalb auf die logischen und fachlichen Zusammenhänge konzentrieren. Auch die Definition von Abläufen erfolgt nicht durch eine Programmiersprache, sondern durch einfache logische Symbole. Die Werkzeuge sind einfach zu handhaben.
- Unabhängigkeit der Datenbankhersteller

Als ein betriebliches Anwendungssystem verbindet sich AIBAS mit einer relationalen Datenbank durch die Benutzung der ODBC-Schnittstelle, die im Kapitel 2 schon vorgestellt wurde, und zusätzlicher eigener Mechanismen. Deshalb ist AIBAS datenbankherstellerunabhängig. Eine Anwendung, die in AIBAS erstellt wurde, kann sofort ohne Änderung auf eine andere Datenbank übertragen werden. Somit kann ein auf Microsoft ACCESS basiertes PPS-Modell direkt auf einen Server in Oracle-Datenbank kopiert werden und ist ohne Änderung sofort anwendbar. Dadurch besitzt AIBAS exzellente Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit für die individuellen Bedürfnisse eines Unternehmens.

- Kräftige Unterstützung von den Werkzeugen

AIBAS stellt für alle Entwicklungsschritte und Anwendungsbereiche passende kräftige Werkzeuge zur Verfügung, um die anwenderorientierte Eigenschaft zu sichern. Mit diesen Werkzeugen kann der Benutzer eigene Referenzmodelle erstellen, sogar anpassen und erweitern, wenn die Referenzmodelle nicht ausreichen. Alle Werkzeuge können allein arbeiten. Wenn es nötig ist, können sie auch in wechselseitiger Beziehung verwendet werden. Z.B mit dem Datenbankmanager kann der Benutzer sowohl die Definition der Anwendungsdaten als auch die Definition von beliebigen Kenngrößen für die Geschäftsprozessplanung im Rahmen der Organisationswerkzeuge durchführen. Dadurch ist auch sichergestellt, dass die Ergebnisse, die mit Hilfe eines Werkzeugs errichtet werden können mit den anderen weiter bearbeitet werden können. Weil ein im AIBAS erstelltes Modell auf einer vom Benutzer frei zu wählenden relationalen Datenbank aufgebaut wird, können die mit AIBAS erzielten Ergebnisse auch von anderen Programmen bearbeitet werden. Deshalb sind die für einen Geschäftsprozess erstellten Kenngrößen und Daten auch für andere Produkte verwendbar.

3.3.2 Übersicht der AIBAS-Werkzeuge

AIBAS-Werkzeuge, die alle Phasen der Entwicklung des Betriebsinformationssystems unterstützen, bestehen aus vier Teilen:

- Organisationswerkzeuge
- Kernwerkzeuge
- Führungswerkzeuge
- Anwendung

Organisationswerkzeuge

Die Organisationswerkzeuge unterstützen vor allem die Geschäftsprozessorganisation und bestehen aus:

- Unternehmenssystementwurf (USE) für Abbildung der Funktionsstruktur einer Organisation. Zweck des Werkzeugs ist es, eine Gesamtsicht aller manuellen und maschinellen Anwendungen im Unternehmen zu ermöglichen. Diese Gesamtsicht wird aus einzelnen ähnlichen Zellen (wie im Organismus), den sog. Standardprozessketten, aufgebaut. Der Unternehmenssystementwurf gibt wesentliche Verhältnisse der Unternehmensstruktur wie auch die wichtigsten Bezüge des Ablaufes wieder. Jede Programmentwicklung mit den AIBAS-Werkzeugen sollte hier beginnen.
- Geschäftsprozessplanung (GPP) für beliebige Prozesse einer Organisation und Bewertung mittels definierbarer Kenngrößen (Zeiten, Kosten, ...). Der in USE formulierte Systementwurf wird nach GPP übertragen. Hier werden die Standardprozesse verfeinert und verbessert. Viele Unternehmen haben die Erfahrung gemacht, dass es nicht genügt ist, Applikationen für bestehende Abläufe zu entwickeln. Erst sollen die Abläufe optimiert, besser nach verschiedenen Kriterien beschränkt, werden. Das Ziel der Geschäftsprozessorganisation ist es vielmehr, die Geschäftsprozesse mit der Unterstützung der Informationstechnik zu verbessern. Genau dafür ist GPP gedacht. USE sichert den Gesamtzusammenhang, GPP detailliert und verbessert. Die Kriterien der Verbesserung kann der

Anwender beliebig formulieren. Für verschiedene Kosten- und Zeitgrößen sind die Simulationsabläufe vorformuliert. Dieser Geschäftsprozess ist Basis der Geschäftsprozesssteuerung (GPS). Er ist auch Grundlage der Anwendungsentwicklung mit den Kernwerkzeugen, wobei die Verbindung hier weniger automatisiert ist.

- Geschäftsprozesssteuerung (GPS) für die Steuerung der Geschäftsprozesse mittels der AIBAS-Anwendung (computerized workflow). Die Geschäftsprozesssteuerung GPS nutzt weite Teile des GPP für die Umsetzung. Eine genaue Kenntnis von GPP und seiner Funktionalität ist hier sehr von Vorteil.

Die Ergebnisse, die mit den Organisationswerkzeugen erstellt und erarbeitet werden, sind untereinander vollständig verträglich und sind mit den Kernwerkzeugen verträglich. D.h. die Eingaben für eine Aufgabe werden nur einmal getätigt und dann ständig weiterentwickelt (Forderung der Durchgängigkeit).

Kernwerkzeuge

AIBAS-Kernwerkzeuge sind Werkzeuge, die zur Erstellung einer Anwendung erforderlich sind. Die Kernwerkzeuge bestehen in ihrem Kern aus den sogenannten Generatoren. Mit diesen Generatoren kann jede beliebige Anwendung in den Prozessen (Entscheidung, Planung, Steuerung, Kontrolle, Analyse, Auskunft) programmierfrei formuliert werden. Alle Kernwerkzeuge verwenden ein sogenanntes Data-Dictionary. Dabei handelt es sich um ein Verzeichnis, in welchem die Zusammenhänge zwischen den Datenbanktabellen und den darauf basierenden Strukturbeziehungen und Verwendungen der Programmelemente (z.B. Felder, Dateien, Masken, Methoden ...) gespeichert werden. Kernwerkzeuge bestehen aus:

- Datenbankmanager (DBM)

Der Zweck des Werkzeugs ist es, die unterschiedlichen Datenbanken für den Benutzer in ihrer Oberfläche und Handhabung einheitlich und einfach darzustellen. Zum anderen wird dieselbe Oberfläche in vielen AIBAS-Werkzeugen benutzt. Im Prinzip kann der Anwender auch die Datenbankverwaltung des je-

weiligen Datenbankherstellers nutzen. Mit diesem Werkzeug kann der Benutzer die Aufgaben, die wie z.B. rechnergestützte Erstellung von Dateien (Datentabellen) ohne Kenntnisse der Programmiersprache, Anzeigen und einfache Verwaltung der Dateiinhalte (Tabelleninhalte) ohne Kenntnisse der Programmiersprache, begleitende Festlegung der Schlüssel und der Tabellenverbindungen ohne Programmierkenntnisse, graphische Darstellung der Tabellen und ihrer Verbindungen, Tabellenimport und Tabellenexport zwischen verschiedenen AIBAS-Anwendungen erfüllen oder unterstützen.

- Maskengenerator (MSK)

Mit dem Maskengenerator können beliebige Masken und Listen generiert werden. Dazu werden keinerlei Kenntnisse der Programmiersprache benötigt. Der Benutzer muss nur wissen, wie die Masken und Listen aussehen sollen. Zunächst müssen die Datentabellen in der Datenbank mit dem Datenbankmanager angelegt werden, auf denen die Masken und Listen basieren sollen. Die Masken und Listen werden mit dem Methoden- und/oder Menügenerator in eine ablauffähige Anwendung eingebunden. Masken und Listen können zeilenweise oder in tabellarischer Form angegeben werden. In die Masken können beliebige Symbole und Zeichnungen z.B. zu den Sachnummern eingebunden werden.

- Methodengenerator (MTH)

Mit dem Methodengenerator kann der Endbenutzer ohne Programmierkenntnis Methoden definieren. Eine Methode ist ein ablauffähiges Programm, das einen Datenverarbeitungsprozess in einem Informationssystem durchführt. Eine Methode besteht aus Rechenabläufen, Submethoden, Masken und/oder Rechenregeln. Die Rechenregeln sind der elementarste Baustein einer Methode, welcher den Zustand einer Methode (Daten in der Datenbank, Position in einer Methode, Auswerten von Bedingungen) verändert. Die Masken enthalten die Eingabedaten für die Methode und/oder stellen die Ergebnisse der Methode dar.

- Menügenerator (MEN)

Mit dem Menügenerator können beliebige Menüs für eine Anwendung generiert werden. Der Benutzer braucht dazu keinerlei Kenntnisse der Programmiersprache. Er muss nur wissen, welche Aufgaben in dem Menü stehen sollen. Das mit diesem Generator erstellte Menü ist genau das, mit dem der Endbenutzer arbeitet. Vorher muss er die Masken und Listen mit dem Maskengenerator und die Methoden mit dem Methodengenerator erstellt haben. Mit dem Menügenerator werden die Masken und Methoden in eine ablauffähige Anwendung eingebunden. Auch die Leitstandsfunktionen können hier eingebunden werden.

Führungswerkzeuge

Die Führungswerkzeuge erleichtern den Umgang mit den betrieblichen Daten. Die Datenbasis, die systematisch in der Stufe Auskunft/Dokumentation aufbereitet und verdichtet wird, ist mit diesen Werkzeugen einfach bearbeitbar. Damit ist das Konzept des Data Warehousing bereits in der Struktur des AIBAS-Konzeptes mit REFA-OSA aufgenommen. Zu diesen Werkzeugen zählen:

- Decision Support System (DSS) für die Unterstützung der Entscheidungsstufe
Als der Schwerpunkt dieser Dissertation werden dieses System und dessen Anwendung in Kapitel 4 und 5 besprochen.
- Simulation Support System (SSS) für die Unterstützung der Planung und Steuerung

Mit dem AIBAS-SSS werden interaktive graphische Oberflächen mit Simulationseigenschaft für die individuelle Anwendung erzeugt. In diesen Oberflächen können beliebige Objekte wie z.B. Aufträge graphisch verwaltet bzw. in verschiedenen Darstellungsformen visualisiert werden. Damit kann die Belegung und der Ablauf der entsprechenden Objekte mit dem Anspruch der schrittweisen Verbesserung, wie der Benutzer es möchte, gestaltet und simuliert werden. Die Ergebnisse von Simulationsläufen können in geeigneter Weise verglichen werden. Das Prinzip orientiert sich an der Idee des Leitstands der Fertigung: Die Arbeitsvorgänge werden den Arbeitsplätzen zugeordnet. Dabei bestehen zwischen den Vorgängen zeitliche Abhängigkeiten. Dieses Prinzip

kann mit dem Generator an beliebigen Objekten angewendet werden, die ein Kapazitätsverhältnis dieser Art aufweisen.

- Visualization Support System (VSS) für die Unterstützung der graphischen Darstellung und Eingriffsmöglichkeit.

Mit dem Programm wird die Strukturierung von Objekten sichtbar gemacht. Zweck ist es, die zu nutzende bzw. verwalteten Objekte möglichst benutzungsfreundlich visuell vermitteln werden zu können. Mit dem Werkzeug werden interaktive graphische Oberflächen für die individuelle Anwendung erzeugt. In diesen Oberflächen können beliebige Objekte wie z.B. Aufträge graphisch abgebildet und verwaltet werden bzw. in verschiedenen Darstellungsformen visualisiert werden. Das Prinzip orientiert sich an der Graphentheorie und ihrer Abbildung: Die Objekte werden als Knoten dargestellt und mit Linien verbunden. Die Knoten enthalten die Objektstammdaten, die auch angezeigt werden können. Die Linien enthalten die Information der Strukturdaten. Durch einen Anwendungsdialo g am Anfang wird das Werkzeug an die jeweiligen Eigenschaften der abzubildenden Datenstruktur angepasst und die Wünsche des Benutzers ergänzt. Auch hier braucht der Benutzer keine Programmierkenntnis zu haben.

Werkzeuge für die Anwendung

Bei der Anwendung braucht der Benutzer noch einige Werkzeuge, die ihn unterstützen.

Diese Werkzeuge sind:

- AIBAS-Manager

Mit dem AIBAS-Manager werden die Aufgaben wie z.B. das Aktivieren einer Anwendung, die Festlegung der Datenbankpfade für die Anwendung, der Verwendungsnachweis für AIBAS-Objekte, der Benutzerschutz für AIBAS-Objekte, der Tabellenimport und -export mit inhaltlichem Abgleich erfüllt oder unterstützt. Die Anwendung basiert auf den Verzeichnisdiensten und den Rechnerzuweisungen des IP-Protokolls. Verwendungsnachweis und Benutzerschutz der AIBAS-Objekte sind eigene objektorientierte Anwendungen, deren Funktionsweise im Wesentlichen auf der Überprüfung von Datenverbindungen beruht.

- AIBAS-RUN

AIBAS-RUN ist der Ablaufteil des Systems, der die Ergebnisse der Generatoren versteht und auf Anweisung des Benutzers ausführt.

- Bausteinmanager

Zu den Hauptaufgaben des Bausteinmanagers gehören die Definition und der Transfer von Bausteinen. Der Benutzer kann Maske oder Methode mit dem Bausteinmanager nicht ändern, sondern nur in einem Dokument speichern, das als Baustein für Masken und Methoden fungiert. Änderungen von Masken oder Methoden werden mittels der entsprechenden Generatoren (MSK, MTH) vorgenommen. Dadurch ist die Unabhängigkeit der Generatoren und des Bausteinmanagers sichergestellt. Um die Dokumentationsmöglichkeiten der Bausteine zu verbessern, können in ein Bausteindokument beliebige andere Objekte (z.B. Word-Dokumente) eingebunden werden. Umgekehrt können in Word-Texten Verknüpfungen mit Dokumenten des Bausteinmanagers aufgebaut werden. Die Einbindung ist mit allen im Betriebssystem registrierten Anwendungen ebenfalls möglich.

3.3.3 Arbeitsweise vom AIBAS

Mit den AIBAS-Werkzeugen können die Anwendungen wie mit jedem anderen Baukasten erstellt werden. Mit den Baukästen ergibt sich dieselbe Problemstellung wie bei den Funktionen: Vielfalt und Abstimmungsfrage.

Bei der Entwicklung einer AIBAS-Anwendung sollten die Werkzeuge in einer bestimmten Reihenfolge angewendet werden, wie die Abbildung 3.9 darstellt:

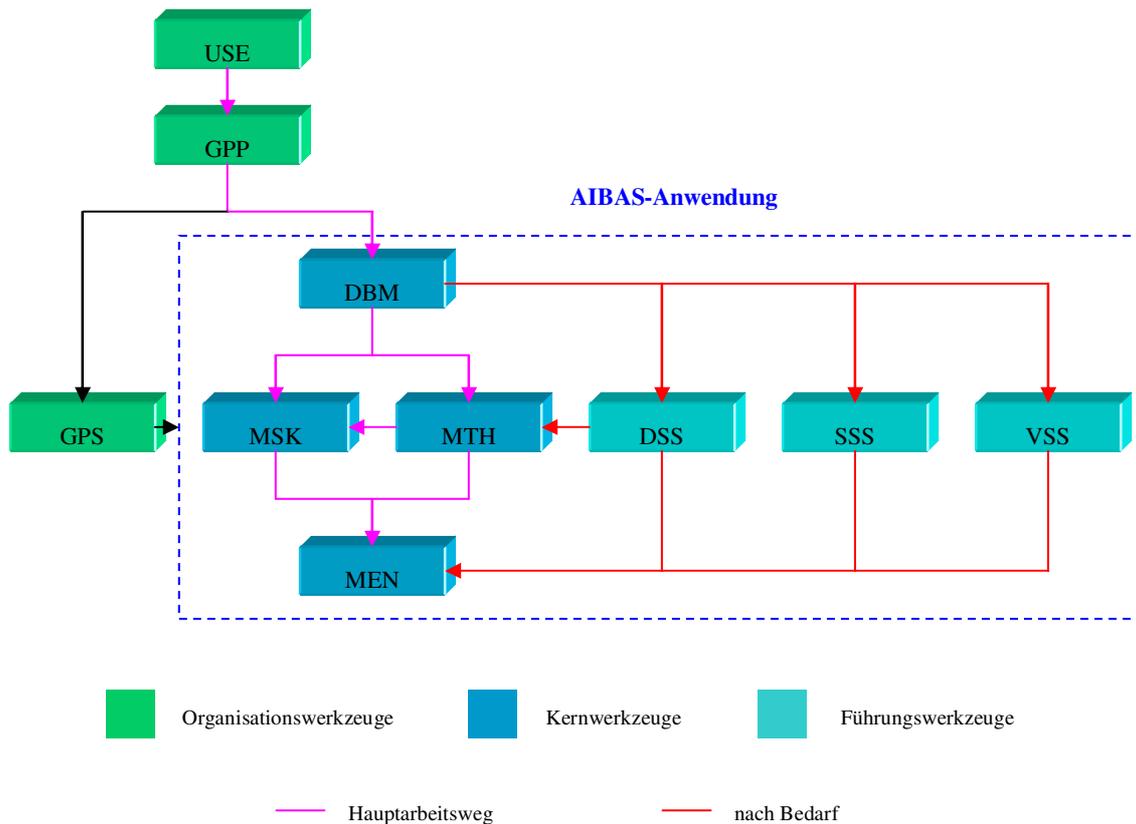


Abbildung 3.9: Hauptarbeitsweg der Entwicklung einer AIBAS-Anwendung

Ausgangspunkt ist die Erstellung der Organisationsstruktur mittels USE. Aufgrund der im USE definierten Standardprozessketten werden im nächsten Schritt die Geschäftsprozesse (GPP) entwickelt und verfeinert. Aus den im Geschäftsprozess definierten Zuständen braucht der Benutzer dann nur noch mittels DBM die benötigten Datentabellen zu erzeugen. Diese mit dem DBM definierten Datentabellen werden anschließend um Masken (MSK) und Methoden (MTH) ergänzt und abschließend durch ein Menü (MEN) zu einer ablauffähigen Anwendung verbunden. Nach Bedarf kann der Benutzer mittels der Führungswerkzeuge (DSS, SSS, VSS) weitere ergänzende Elemente für die Entscheidung, die Simulation und die Visualisierung erzeugen.

4 Entscheidungsunterstützungswerkzeug im Unternehmen

4.1 Zweck und Eigenschaften

Die täglichen Aktivitäten der Führungsebenen im Unternehmen sind die Entscheidungen. Die Führungsebene, egal ob Führer des Unternehmens oder Manager einer Abteilung, muss jeden Tag geeignete Entscheidungen treffen, um neue Problemstellungen oder Aufgaben zu lösen. Diese Entscheidungen sollen auf maßgeschneiderte Modelle und Analyseergebnisse der großen Menge von betrieblichen Daten basieren. Beim Versuch, eine Managerfrage zu beantworten, braucht der Manager zuerst ein problemorientiertes Modell, dessen Gesamtstruktur auf solche Fragen spezifiziert sein muss. Dazu sind entsprechende Daten notwendig. Solche Daten können direkt aus täglichen betrieblichen Aktivitäten wie z.B. Vertrieb, Beschaffung, Produktion usw. oder aus den Simulationen der Unternehmensaktivitäten resultieren. Die Analyse von Zusammenhängen solcher betrieblichen Daten im gesamten Unternehmen ist die Grundlage einer richtigen Entscheidung. Die deterministischen Daten können zwar auch hier Hilfestellung bieten, doch sind die Gesamtzusammenhänge durch Abhängigkeiten vieler Zustände und Entwicklungstendenzen zueinander charakterisiert. Genau diese Tendenzen gilt es frühzeitig zu erkennen und eine Gegensteuerung einzuleiten. Aber hierbei ergibt sich für die Akzeptierung und die Anwendung eines Modells eine wichtige Anforderung: Der Anwender muss im Umgang mit seinem Modell bewandert sein; dazu gehören die Daten und deren Analyse, Datenstrukturen und Anwendungen. Außerdem muss er sein Umfeld kennen. Die Entwickler können nur bei der Installation Hilfestellung bieten. Nach der Programmimplementierung allein gelassen, muss der Manager seine Lösung permanent modifizieren, um die Änderungen der Betriebsbedingungen in der Umwelt, am Markt, im Betrieb, beim Personal usw. anzupassen. Solche Aufgaben überfordert die Managementebene häufig. Deswegen ist der Einsatz einer analysierenden und vorausschauenden Komponente hilfreich für Diagnose, Prognose und Zielsetzung.

Um den Benutzer und den Endbenutzer bzw. den Manager zu helfen, die Erstellung der Entscheidungsmodelle zu vereinfachen, riesige Volumen der betrieblichen Daten zu verdichten und wertvolle Informationen zu entnehmen, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Daten im gesamten Unternehmen zu analysieren, existierende Probleme zu finden und zukünftige Tendenzen zu erkennen, wurde das Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt. Es dient also den Aufgaben Auskunft und Entscheidung, die in der Abbildung 4.1 der Standardprozesskette als zwei Ebenen mit Grün gekennzeichnet sind.

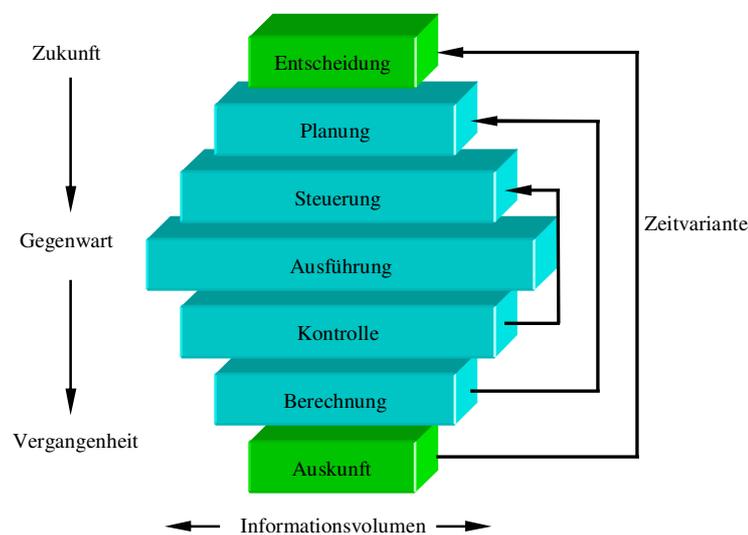


Abbildung 4.1: EUS betreffende Ebene in der REFA-Standardprozesskette

Im Gegensatz zu vielen vorhandenen Entscheidungsunterstützungssystemen, die in aller Regel für dezidierte Umgebungen und recht eingegrenzte Aufgabenstellungen gelten, und weitgehend über Programmeingriffe anzupassen sind, hat das Konzept von meinem EUS folgende besondere Eigenschaften:

- Mehrdimensionalität:

Fast alle moderne Unternehmen haben eigene Datenbanken für die Speicherung der betrieblichen Daten. Zwischen den meisten Daten gibt es verschiedenartige Zusammenhänge. Die Entscheidungsfindung wird auf die Grundlage solcher Daten auf eine einzige allgemeingültige Menge von Prinzipien zurückgeführt, die dann in unterschiedlichen Ausprägungen realisiert wird. Der allgemeingül-

tige Ansatz besteht in der Abbildung von $y = f(a, b, c, \dots, n)$, wobei a, b, \dots, n als Dimensionen gelten, die jeweils über Parameter P_a, P_b, \dots, P_n beeinflussbar sind. Sie stehen jeweils für eine Menge von Einflussgrößen. Wenn eine Dimension die Zeit darstellt, kann über die Parameter auf den zeitverdichteten Ablauf Einfluss genommen werden. Zeitliche und nichtzeitliche Abläufe sind als Vorrechnung oder als schrittweise Abläufe darstellbar. Darstellung, Einstellung und Anpassung des Entscheidungsmodells sind ausschließlich graphisch. (Das Basismodell kann analytisch sein, ist in dieser Umgebung gleichwohl auch immer graphisch erzeugt).

- Vielseitigkeit:

Die Ausprägung für kaufmännische Anwendungen und produktionsorientierte Anwendungen ist zu spezifizieren nach den verschiedenen Erfordernissen der verschiedenen Benutzer. In beiden Fällen werden für eine Aufgabe verschiedene Situationen mit verschiedenen Modellansätzen durchlaufen und verglichen. Dabei wird im technischen Bereich auch in der Vorausrechnung überwiegend von diskreten nicht stetigen Daten, zum Beispiel aus den Aufträgen auszugehen sein. Bei der kaufmännischen Vorausrechnung wird überwiegend von stetigen Funktionen auszugehen sein. [Weigert, 1999]

- Anwendbarkeit im Internet:

Die Ausprägung wird nicht nur am lokalen Computer, sondern auch auf dem Internet realisiert. Die Ausprägungsumgebung wird so allgemein wie möglich gehalten, z.B. Webbrowser wie der Internet Explorer (IE) von Microsoft. Der allgemeingültige Umgebungsansatz besteht darin, dass die Entscheidungshilfen die Applikations-Server-Bedingungen erfüllen, und die ASP-Pages werden so aufgebaut, dass sie Client-Server-Anwendungen bedienen können. Die Client-Server-Eigenschaft wird im wesentlichen durch die Mehrbenutzereigenschaft mit dynamischen benutzerzugeordneten Eingabe- und Ergebnistabellen realisiert. Damit ist das Aufsetzen auf beliebige SQL-Datenbanken verbunden.

4.2 Gegenstand der Analyse: Kennzahlen

In heutiger Zeit, in der überall von Internationalisierung und Globalisierung zu lesen ist und oft über den Standort des Unternehmens diskutiert wird, sind Kennzahlen auf der einen Seite ein wichtiges Hilfsmittel um die Wettbewerbsfähigkeit sowohl des Unternehmens als auch der Produktion im nationalen oder internationalen Vergleich einschätzen zu können, auf der anderen Seite die Grundlage der Entscheidung der Führungsebene.

Kennzahlen werden verstanden als Zahlen, die Informationen über betriebswirtschaftliche Tatbestände beinhalten. [Meyer, 2006] Häufig werden Ausdrücke wie Kennziffern, Kontrollgrößen, Messzahlen oder Schlüsselgrößen synonym verwendet. Kennzahlen sind hochverdichtete Messgrößen, die als Verhältniszahlen oder absolute Zahlen in einer konzentrierten Form über zahlenmäßig erfassbare Sachverhalte berichten. [Bürkeler, 1997] Dafür ist selbstverständlich eine wichtige Voraussetzung, dass diese Sachverhalte oder Zusammenhänge messbar und zählbar sind.

Kennzahlen gehören schon seit langer Zeit zu den beliebten und häufig eingesetzten, klassischen Instrumenten der Unternehmensführung. Die vielen miteinander vernetzten Aktivitäten im Unternehmen erfordern eine Vielzahl an Kennzahlen. Kennzahlen sollen der Führungsinstanz bei der Analyse und bei Steuerungsaufgaben dienen. [Gladen, 2001] Sie sollen komplizierte betriebliche Sachverhalte, Strukturen und Prozesse zu wenigen aussagekräftigen Größen zusammenfassen. Durch die Verwendung von Kennzahlen kann ein Überblick über den Sachverhalt oder die Zusammenhänge der Daten dargestellt werden, die Position gegenüber Mitbewerbern ermittelt werden, der eigene Zustand erkannt werden und Zielsetzungen überprüft und Maßnahmen eingeleitet werden. Durch eine Datenauslese, -konzentration und -analyse werden quantitativ erfassbare Sachverhalte und Zusammenhänge komprimiert dargestellt. Dadurch ist es möglich, dass die wesentlichen Fakten und Zusammenhänge im Unternehmen schnell erkannt werden können.

Wesentliche Eigenschaften von Kennzahlen sind [Bürkeler, 1997]:

- Der Informationscharakter:
Kennzahlen sind wichtige Informationen und sollen Urteile über wichtige Sachverhalte und Zusammenhänge ermöglichen.
- Die Quantifizierbarkeit:
Die genannten Zusammenhänge und Sachverhalte können durch metrische Skalen gemessen werden und sind somit relativ präzise Aussagen möglich.
- Die spezifische Form der Information:
Die spezifische Form ermöglicht, einen schnellen und umfassenden Überblick über komplizierte Strukturen zu bekommen.
- Die Anzeige betriebswirtschaftlicher Tatbestände:
Alle Kennzahlen betreffen den wirtschaftlichen Bereich.

Kennzahlen lassen sich in absolute Zahlen, Relativzahlen und statistische Maßgrößen kategorisieren:

- Absolutkennzahlen:
Absolutkennzahlen liefern direkt Auskunft über die Größe des zugrunde gelegten Sachverhalt und werden in Einzelzahlen (z.B. Artikelbestand in Stück), Summen (z.B. Bilanzsumme), Differenzen (z.B. Gewinn) und Mittelwert (z.B. durchschnittlicher Lagerbestand) unterteilt
- Relativkennzahlen:
Relativkennzahlen hingegen stellen ein Verhältnis zwischen zwei absoluten Kennzahlen durch Quotientenbildung dar und werden in Beziehungszahlen, Gliederungszahlen und Indexzahlen unterteilt. Beziehungszahl ist das Verhältnis zweier verschiedener, jedoch sachlich zusammenhängender Größen (z.B. Verhältnis von Personalkosten zu Prozesskosten). Gliederungszahl bedeutet, dass eine Teilmenge zu der Gesamtmenge ins Verhältnis gesetzt wird (z.B. Liefertreue als Anteil der termintreuen Lieferungen an der Gesamtanzahl der Lieferungen). Indexzahl bedeutet, dass gleichartige, aber zeitlich oder örtlich verschiedene Größen zueinander in Beziehung gesetzt werden (z.B. Gewinn des betrachteten Jahres im Verhältnis zu einem Basisjahr).

Zu relativen Kennzahlen sollten stets die dazu gehörigen absoluten Kennzahlen aufgeführt werden, da sie andernfalls leicht falsch interpretiert werden könnten.

- statistische Maßgrößen:

Statistische Maßgrößen sind die durch statistische Methoden errechneten Bewertungszahlen. Solche Zahlen haben normalerweise eine spezielle Bedeutung und sind nicht intuitiv zu werten (z.B. Standardabweichung oder Korrelationskoeffizient der Daten).

Zusammenfassend haben Kennzahlen folgende Funktionen:

- Beurteilungsfunktion:

Mit Kennzahlen kann man der wirtschaftlichen Lage eines Unternehmens zu einem bestimmten Zeitpunkt oder über einen längeren Zeitraum beurteilen.

- Übersichtsfunktion:

Mit Kennzahlen ist es möglich, die Gesamtsituation des Unternehmens oder bestimmte Teilbereiche zu überblicken.

- Vorgabefunktion:

Mit Kennzahlen kann man kritische Kennzahlenwerte, Erkennung von Stärken und Schwächen eines Unternehmens ermitteln.

- Kontrollfunktion:

Mit Kennzahlen sind bestimmte Entwicklungen, Erkennung von Soll-/Ist-Abweichungen beobachtbar.

- Informationsfunktion:

Kennzahlen können zur rechtzeitigen Erkennung von Signalen gegen Fehlentwicklungen angewendet werden.

- Vergleichsfunktion:

Kennzahlen sind behilflich beim Benchmarking des Unternehmens.

und damit spielen sie in der Entscheidungsfindung der Führungsebene eine zentrale Rolle und haben als Führungsinstrument einen hohen Stellenwert.

4.3 Kennzahlen im Produktionsbereich

Einsatzschwerpunkte von Kennzahlen liegen in der Analyse, Steuerung und Kontrolle der erfolgsrelevanten Unternehmens- und Kostenstrukturen. Wegen ihrer Eigenschaften und Funktionen werden Kennzahlen breit angewendet im Produktionsbereich.

Kennzahlen im Produktionsbereich dienen in erster Linie als Gradmesser der Zielerreichung und als Hilfsmittel der Diagnose des Unternehmenszustandes und der zukunftsorientierten Prognose zur Entscheidung über Maßnahmen des Produktionscontrollings. Z.B.: Ein Vergleich mit anderen Fertigungsabteilungen oder Werken eines Konzernverbunds erlaubt es, ein internes oder externes Benchmarking umzusetzen. Einheitliche Zusammenhänge und Bewertung der Kennzahlen im Unternehmen werden sichergestellt, um den Vergleichscharakter von Kennzahlen im Zeitablauf zu wahren. Im Produktionsbereich können diese Kennzahlen in produktionszielbezogene und produktionsmanagementbezogene unterteilt werden.

4.3.1 Produktionszielbezogene Kennzahlen

Die Ziele der Produktion hängen von der herrschenden Wirtschaftsordnung ab und leiten sich aus dem Zielsystem des Unternehmens ab. Kurz gefasst kann dieses Ziel wie folgend beschrieben werden: Die Erstellung von Sachgütern und Dienstleistungen ist so zu gestalten, dass das Ergebnis, bei Beachtung der betrieblichen und gesellschaftlichen Humanforderungen, maximiert wird. In der heutigen herrschenden Marktwirtschaft dominieren Ziele, die am kommerziellen Prinzip ausgerichtet sind. Diese Ziele werden in den Führungsebenen durch unterschiedliche gemeingebräuchliche Kennzahlen beschrieben [Meyer, 2006]:

- Rentabilität

Die Rentabilität ist eine Kennzahl, die für die oberste Führungsebene von Bedeutung ist. Sie drückt den Zinssatz aus, um den sich eine Einheit des Kapitaleinsatzes verzinst hat. Die Rentabilität des Betriebes ergibt sich als Quotient aus Betriebsgewinn und betriebsnotwendigem Kapital.

- Wirtschaftlichkeit

Mit der Kennzahl der Wirtschaftlichkeit wird ein Komplex beschrieben, dessen Optimierung Aufgabe der mittleren Führungsebene ist. Das Wirtschaftlichkeitsprinzip lässt sich in ein Maximum- und ein Minimumprinzip unterteilen. Das Ziel mit gegebenen Kosten eine maximale Leistung zu realisieren heißt Maximumprinzip. Die Minimierung der Kosten um eine fixe Leistung zu produzieren wird Minimumprinzip genannt. Übrigens gibt es noch die Leistungswirtschaftlichkeit und die Kostenwirtschaftlichkeit. Die Leistungswirtschaftlichkeit ergibt sich als Quotient aus dem Output und den Inputmengen. Die Leistungswirtschaftlichkeit wird auch als Produktivität im weiteren Sinne bezeichnet. Die Kostenwirtschaftlichkeit ist als Quotient aus Outputmenge und dem Input definiert. Dieser Quotient ist vor allem in der Kostentheorie von Bedeutung, wenn die Minimalkostenkombination ermittelt werden soll. Sowohl die Leistungswirtschaftlichkeit als auch die Kostenwirtschaftlichkeit stellen die Bindeglieder zwischen der Produktivität und der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität dar.

- Produktivität

Die Produktivität stellt die mengenmäßige Ergiebigkeit der Produktion dar. Sie ist die Kennzahl, die vorwiegend von den unteren Führungsebenen des Unternehmens benutzt wird. Diese Gesamtproduktivität ist aufgrund der nicht vorhandenen Homogenität des Inputs und Outputs schwierig zu bestimmen. Aus diesem Grund werden in der Praxis häufig Teilproduktivitäten angewendet. Dabei wird die gesamte Outputmenge mit der Menge der jeweils betrachteten Inputart, und deren Menge, ins Verhältnis gesetzt, wie z.B. die Arbeitsproduktivität (Outputmenge / Mitarbeiter), die Maschinenproduktivität (Outputmenge / Maschinenstunden).

4.3.2 Produktionsmanagementbezogene Kennzahlen

Im Zug des Lean Managements gewinnen die nichtmonetären Kennzahlen stark an Bedeutung, vor allem im operativen Bereich, weil sie zur unmittelbaren Führung verwendet werden können. Wegen der Komplexität des Produktionsmanagements gibt es noch keine Kennzahlen, die das Produktionsmanagement als Komplex beschreiben. Es gibt aber Kennzahlen für gewisse Sachverhalte oder Zusammenhänge, welche je nachdem wie sie kombiniert werden, für die Aufgabenbereiche (wie z.B. Planung, Organisation, Steuerung und Kontrolle) des Produktionsmanagements unterschiedliche Aussagekraft haben.

Grob lassen sich diese Kennzahlen als nichtmonetäre und monetäre Kennzahlen unterteilen:

- Nichtmonetäre Kennzahlen

Nichtmonetäre Kennzahlen sind vor allem für das operative Produktionsmanagement eine wichtige Grundlage. Beim Vergleich der Kennzahlen der einzelnen Zeitabschnitte kann eine Entwicklung abgelesen werden, die Grundlage für die Steuerung der Produktion ist und damit direkt auf die Produktionsplanung und Organisation einwirken kann. Nichtmonetäre Kennzahlen können anhand der Bezugspunkte in inputbezogene, outputbezogene und Input und Output miteinander verknüpfende Kennzahlen gegliedert werden. Die inputbezogenen Kennzahlen beinhalten z.B. das durchschnittliche Anlagenalter, den Einkaufspreis, den Produktmix, die Personaleinsatzmenge, die Qualifikation, die Beschäftigungsstruktur, die Teilevielfalt, usw.. Die outputbezogenen Kennzahlen beinhalten z.B. die Ausschussquote, die Ausschussstruktur, den Kapazitätsauslastungsgrad, die mengenmäßige Produktionsstruktur, das Produktionsvolumen pro Tag, den Verkaufspreis, usw.. Die Input und Output miteinander verknüpfenden Kennzahlen umfassen z.B. die Durchlaufzeit pro Stück, die Teileverwendungsmöglichkeit, den Leistungsgrad, den Lagerbestand usw..

- Monetäre Kennzahlen

Diese eher für das strategische und/oder taktische Produktionsmanagement bestimmten Kennzahlen sind von ihrem Aussagegehalt besser für Analyse und Planung geeignet. Monetäre Kennzahlen werden auch in inputbezogenen Kennzahlen, outputbezogenen Kennzahlen und Input und Output miteinander verknüpfenden Kennzahlen untergliedert. Inputbezogene Kennzahlen umfassen z.B. den Automatisierungsgrad, die Materialintensität, den Maschinenstundensatz, den durchschnittlichen Wert der Anlagen usw.. Outputbezogene Kennzahlen beinhalten z.B. den Wert der Jahresproduktion eines Produktes, die wertmäßige Produktionsstruktur, den Gesamtwert einer Tagesproduktion usw.. Der Deckungsbeitrag, der Umsatz oder Gewinn pro Mitarbeiter, die Kostenstruktur gehören zu den Input und Output miteinander verknüpfenden Kennzahlen.

4.3.3 Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen

Zwischen manchen unterschiedlichen Kennzahlen gibt es gewisse funktionale Zusammenhänge. Ein Beispiel eines Kennzahlenkatalogs zeigt die Tabelle 4.1. Im idealen Fall werden die Kennzahlen den Zusammenhang der jeweils zugrundegelegten Funktionsklasse konstant halten und der Zusammenhang zielt auf den prinzipiell zu erwartenden bzw. gewünschten Funktionsverlauf ab. Das grüne „*E*“ stellt den exponentiellen Zusammenhang dar, und das orangefarbene „*L*“ stellt den linearen Zusammenhang dar. Die Abkürzungen der Kennzahlen werden in der Tabelle 4.2 erklärt. Bei der realen Anwendung des Entscheidungsunterstützungssystems im AIBAS ist es selbstverständlich notwendig, die betrieblichen Daten zu verarbeiten, um die Verläufe den realen Situationen anzupassen.

	VP	VG	PM	EP	TT	AM	HK	PS	TG	LB	WS	AZ	PE	Q	OM
VP				L		E									L
VG						L							L		
PM							L		L					L	
EP			E												
TT										E	L				
AM	E	L		L			E			L	L	L	L		
HK			L			E		E	E				L		E
PS							E		L		L		E		
TG			L				E					E		L	L
LB			L		E	L					L				L
WS					L			L		L				L	L
AZ						L			E				L		
PE		L				L	L	E							E
Q			L								L				
OM	L						E		L	L	L		E		

Tabelle 4.1: Beispiel einiger Kennzahlen und deren möglichen Funktionszusammenhängen [Weigert, 1999]

Abkürzungen		Abkürzungen	
VP	Verkaufspreis	TG	Technisierungsgrad
VG	Vertretergebiete	LB	Lagerbestand
PM	Produktmix	WS	Wertschöpfung
EP	Einkaufspreise	AZ	Arbeitszeit
TT	Termintreue	PE	Personaleinsatzmenge
AM	Auftragsmenge	Q	Qualifikation
HK	Herstellkosten	OM	org. Maßnahmen
PS	Prozesssicherheit		

Tabelle 4.2: Die Erklärung der Abkürzungen von der Tabelle 4.1

4.4 Angewandte mathematische und statistische Methode

In vielen Situationen der kommerziellen Abläufe oder der Produktionsprozesse ist es wünschenswert, etwas über die Abhängigkeit zwischen zwei oder mehr Merkmalen eines Individuums, Materials, Produktes oder Prozesses zu erfahren. In einigen Fällen auf Grund theoretischer Überlegungen mag es sicher sein, dass zwei oder mehr Merkmale miteinander zusammenhängen. Das Problem besteht dann darin, Art und Grad des Zusammenhanges zu ermitteln und zu analysieren. Dabei müssen zunächst die Wertpaare (x_i, y_i) oder das Werttripel (x_i, y_i, z_i) in ein Koordinatensystem eingetragen werden. Hierdurch erhält man eine Grundvorstellung über Streuung und Form der 2D- oder 3D-Punktwolke. Bei der Ermittlung und der Analyse der Zusammenhänge der Daten sind die Korrelationsanalyse und die Regressionsanalyse die wichtigsten und am häufigsten benutzten Methoden.

und

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

Aus den Durchschnittswerten \bar{x} , \bar{y} und den Stichprobewerte x_i , y_i ergibt sich der Korrelationskoeffizient

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i y_i) - \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \right]}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

Formel 4.1: Korrelationskoeffizient der Regression mit der linearen Funktion [Sachs, 1992]

Die Regressionsanalyse ist ein statistisches Verfahren zur Analyse von Daten und geht von der Aufgabenstellung aus, sogenannte einseitige statistische Abhängigkeiten durch sogenannte Regressionsfunktionen zu beschreiben.[Sachs, 1992] Dazu wird die lineare Funktion am häufigsten verwendet. Im kaufmännischen Bereich oder Produktionsbereich sind quadratische Funktionen und Exponentialfunktionen auch sehr nützlich.

Durch die lineare Regression wird einer beobachteten Punktwolke eine Regressionsgleichung angepasst. Die Gleichung einer Geraden

$$y = b + ax$$

|

|

Zielgröße

Einflussgröße

Formel 4.2: Lineare Funktion

wird vorausgesetzt. Die Zufallsvariable y wird als Zielgröße bezeichnet. Die fehlerfrei vorgegebene Variable x gilt als Einflussgröße. Man spricht hier von einer linearen Regression. Die Parameter (a und b) werden aus den Stichprobenwerten geschätzt, hierbei wird meist die Methode der kleinsten Quadrate angewendet. Der Parameter

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

wird berechnet nach:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

Formel 4.3: Regressionskoeffizient a der linearen Regression

Der Parameter

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

wird berechnet nach:

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

Formel 4.4: Regressionskoeffizient b der linearen Regression

In vielen Fällen liegen die Punkte nicht auf einer Geraden und nähern sich auch nicht einer Geraden. D.h. dass die interessierende Beziehung nicht durch eine Regressionsgerade beschrieben werden kann. In diesen Fällen werden die quadratische Funktion und die Exponentialfunktion auch in dieser Arbeit angewendet, um die Regressionsfunktion zu berechnen. Beide sind nicht lineare Funktionen.

Die quadratische Form der Gleichung

$$y = ax^2 + bx + c$$

Formel 4.5: Quadratische Funktion

wird benutzt, um die Regression durchzuführen. Die Konstanten a , b und c für die gesuchte Funktion dieses zweiten Grades werden durch folgende Normalgleichungen berechnet:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i + cn = \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \end{cases}$$

Nach der Berechnung ist das Ergebnis:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^3 [\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i] + \sum_{i=1}^n x_i y_i [n \sum_{i=1}^n x_i^4 - (\sum_{i=1}^n x_i^2)^2]}{n [\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n x_i^4 - (\sum_{i=1}^n x_i^3)^2] - (\sum_{i=1}^n x_i^2)^3}$$

Formel 4.6: Regressionskoeffizient b der quadratischen Funktion

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - b \sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n x_i^3}$$

Formel 4.7: Regressionskoeffizient a der quadratischen Funktion

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i^2}{n}$$

Formel 4.8: Regressionskoeffizient c der quadratischen Funktion

Für die Regression mit der exponentiellen Form wird die Gleichung

$$y = ae^{bx}$$

Formel 4.9: Exponentielle Funktion

benutzt. Um die Konstanten a und b zu berechnen, muss zuerst eine linearisierende Transformation durchgeführt werden. Die Gleichung nach der Transformation ist

$$\ln y = \ln a + bx$$

Wenn hier $\ln y$, x , $\ln a$ und b jeweils durch y^* , x^* , a^* und b^* ersetzt werden, dann wird die Gleichung zur folgenden Form linearisiert:

$$y^* = a^* + b^* x^*$$

Durch die Berechnung der Konstanten a^* und b^* werden die Konstanten a und b indirekt berechnet. Nach der Berechnung ist das Ergebnis:

$$a = e^{a^*} = e^{\frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n x_i y_i)}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}}$$

Formel 4.10: Regressionskoeffizient a der exponentiellen Funktion

$$b = b^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

Formel 4.11: Regressionskoeffizient b der exponentiellen Funktion

Um die Korrelationscharakteristik der nicht linearen Regressionsfunktion (hier die Exponentialfunktion und die quadratische Funktion) zu bewerten, wird der Korrelationskoeffizient berechnet nach

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}}$$

Formel 4.12: Korrelationskoeffizient der quadratischen oder exponentiellen Regression

Hierbei ist \hat{y}_i durch die entsprechende Regressionsfunktion und x_i zu berechnen. \bar{y} ist der Durchschnitt von y_i . [Sachs, 1992] Je größer ρ ist, desto besser ist die Korrelationscharakteristik.

4.4.2 Erweiterung zur 3D

Es ist deutlich, dass bei der Darstellung der Zusammenhänge verschiedener betrieblicher Daten 3D-Grafiken intuitiver erfasst werden können als 2D-Grafiken, weil sie mehr Information demonstrieren können. Deshalb ist die Erweiterung der Regression von 2D zu 3D sinnvoll. Die allgemeine Formel der 3D-Funktion ist $z = f(x, y)$.

Um die Funktionszusammenhänge zwischen 3 Parametern zu ermitteln, werden in dieser Arbeit 3 unterschiedliche Gleichungsformen angewandt. Nämlich

- die lineare Gleichung

$$z = ax + by + c$$

Formel 4.13: Lineare Funktion von 2 Variablen

- die exponentielle Gleichung

$$z = ce^{ax+by}$$

Formel 4.14: Exponentielle Funktion von 2 Variablen

- und die quadratische Gleichung

$$z = ax + by + cxy + dx^2 + ey^2 + f$$

Formel 4.15: Quadratische Funktion von 2 Variablen

wobei x , y und z die 3 zu ermittelnden Parameter sind. a , b , c , d , e und f sind die Regressionskoeffizienten. Bei der Berechnung solcher Regressionskoeffizienten wird ein allgemeines Regressionsmodell benutzt. Das Modell ist das Polynom

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon$$

wobei $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ die zu berechnenden Regressionskoeffizienten sind. ε ist die stochastische Abweichung. Nach diesem Regressionsmodell gibt es das Gleichungssystem

$$\begin{cases} y_1 = \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{12} + \dots + \beta_m x_{1m} + \varepsilon_1 \\ y_2 = \beta_0 + \beta_1 x_{21} + \beta_2 x_{22} + \dots + \beta_m x_{2m} + \varepsilon_2 \\ \dots\dots\dots \\ y_n = \beta_0 + \beta_1 x_{n1} + \beta_2 x_{n2} + \dots + \beta_m x_{nm} + \varepsilon_n \end{cases}$$

Es kann zur folgenden Gleichung umgewandelt werden

$$\begin{array}{c} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \\ \begin{array}{cccccc} | & & | & & | & | \\ y & & x & & \beta & \varepsilon \end{array} \end{array}$$

Eine wichtige Voraussetzung ist, dass die Matrix X eine nichtsinguläre Matrix ist. Das bedeutet, dass es notwendig ist, vor der Analyse genug Daten zu haben. Mit der Methode der kleinsten Quadrate ergibt sich das Normalgleichungssystem

$$\left\{ \begin{array}{l} n\beta_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_{i1}\right)\beta_1 + \left(\sum_{i=1}^n x_{i2}\right)\beta_2 + \cdots + \left(\sum_{i=1}^n x_{im}\right)\beta_m = \sum_{i=1}^n y_i \\ \left(\sum_{i=1}^n x_{i1}\right)\beta_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_{i1}^2\right)\beta_1 + \left(\sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2}\right)\beta_2 + \cdots + \left(\sum_{i=1}^n x_{i1}x_{im}\right)\beta_m = \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\ \dots\dots\dots \\ \left(\sum_{i=1}^n x_{im}\right)\beta_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_{im}x_{i1}\right)\beta_1 + \left(\sum_{i=1}^n x_{im}x_{i2}\right)\beta_2 + \cdots + \left(\sum_{i=1}^n x_{im}^2\right)\beta_m = \sum_{i=1}^n x_{im}y_i \end{array} \right.$$

Die Lösung dieses Normalgleichungssystems sind die angestrebten Regressionskoeffizienten. In dieser Arbeit wurde bei der Berechnung solcher Regressionskoeffizienten das gaußsche Eliminationsverfahren angewandt.

Selbstverständlich ist es notwendig, bei der Regression mit der exponentiellen Formel und der quadratischen Formel, einige Transformationen durchzuführen. Für die exponentielle Formel lautet die Transformation:

$$\ln z = ax + by + \ln c$$

Werden $\ln z$, a , x , b , y und $\ln c$ jeweils durch z^* , a^* , x^* , b^* , y^* und c^* ersetzt, ist das Modell das Polynom

$$z^* = a^* x^* + b^* y^* + c^*$$

geworden. Auch die quadratische Formel kann durch die Ersetzungsmethode zum folgenden Polynom werden:

$$z^* = a^* x_1^* + b^* x_2^* + c^* x_3^* + d^* x_4^* + e^* x_5^* + f^*$$

Wegen der Komplexität der Lösungen aller drei Regressionsmodelle werden die Berechnungsvorgänge ausgespart. In dieser Arbeit werden nur die Berechnungsergebnisse der Regressionskoeffizienten wie folgt aufgezählt:

- Regression mit der linearen Gleichung

$$a = \frac{\left(\left(\sum_{i=1}^n z_i x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n z_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n z_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right) \right)}{\left(\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right)}$$

Formel 4.16 : Regressionskoeffizient a der linearen Funktion von 2 Variablen

$$b = \frac{\left(\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n z_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i \right) \right)}{\left(\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right)}$$

Formel 4.17: Regressionskoeffizient b der linearen Funktion von 2 Variablen

$$c = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n z_i - a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n y_i \right)$$

Formel 4.18: Regressionskoeffizient c der linearen Funktion von 2 Variablen

- Regression mit der exponentiellen Gleichung

$$a = \frac{\left(\left(\sum_{i=1}^n x_i \ln z_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n \ln z_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n y_i \ln z_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n \ln z_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right) \right)}{\left(\left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}$$

Formel 4.19: Regressionskoeffizient a der exponentiellen Funktion von 2 Variablen

$$b = \frac{\left(\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \ln z_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n \ln z_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i \ln z_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n \ln z_i \right) \right)}{\left(\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right)}$$

Formel 4.20: Regressionskoeffizient b der exponentiellen Funktion von 2 Variablen

$$c = e^{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln z_i - a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n y_i \right)}$$

Formel 4.21: Regressionskoeffizient c der exponentiellen Funktion von 2 Variablen

- Regression mit der quadratischen Gleichung

Wenn

$$L_{[1][1]} = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$$

$$L_{[1][2]} = L_{[2][1]} = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)$$

$$L_{[1][3]} = L_{[3][1]} = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)$$

$$L_{[1][4]} = L_{[4][1]} = \sum_{i=1}^n x_i^3 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right)$$

$$L_{[1][5]} = L_{[5][1]} = \sum_{i=1}^n x_i y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$L_{[1][6]} = \sum_{i=1}^n x_i z_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)$$

$$L_{[2][2]} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2$$

$$L_{[2][3]} = L_{[3][2]} = \sum_{i=1}^n x_i y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)$$

$$L_{[2][4]} = L_{[4][2]} = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)$$

$$L_{[2][5]} = L_{[5][2]} = \sum_{i=1}^n y_i^3 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$L_{[2][6]} = L_{[6][2]} = \sum_{i=1}^n y_i z_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)$$

$$L_{[3][3]} = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)^2$$

$$L_{[3][4]} = L_{[4][3]} = \sum_{i=1}^n x_i^3 y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right)$$

$$L_{[3][5]} = L_{[5][3]} = \sum_{i=1}^n x_i y_i^3 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$L_{[3][6]} = \sum_{i=1}^n x_i y_i z_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)$$

$$L_{[4][4]} = \sum_{i=1}^n x_i^4 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right)$$

$$L_{[4][5]} = L_{[5][4]} = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$L_{[4][6]} = \sum_{i=1}^n x_i^2 z_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)$$

$$L_{[5][5]} = \sum_{i=1}^n y_i^4 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$L_{[5][6]} = \sum_{i=1}^n y_i^2 z_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)$$

dann kommt man zu folgendem Ergebnis:

$$e = \frac{L_{[5][6]}}{L_{[5][5]}}$$

Formel 4.22: Regressionskoeffizient e der quadratischen Funktion von 2 Variablen

$$d = \frac{L_{[4][6]} - eL_{[4][5]}}{L_{[4][4]}}$$

Formel 4.23: Regressionskoeffizient d der quadratischen Funktion von 2 Variablen

$$c = \frac{L_{[3][6]} - dL_{[3][4]} - eL_{[3][5]}}{L_{[3][3]}}$$

Formel 4.24: Regressionskoeffizient c der quadratischen Funktion von 2 Variablen

$$b = \frac{L_{[2][6]} - cL_{[2][3]} - dL_{[2][4]} - eL_{[2][5]}}{L_{[2][2]}}$$

Formel 4.25: Regressionskoeffizient b der quadratischen Funktion von 2 Variablen

$$a = \frac{L_{[1][6]} - bL_{[1][2]} - cL_{[1][3]} - dL_{[1][4]} - eL_{[1][5]}}{L_{[1][1]}}$$

Formel 4.26: Regressionskoeffizient a der quadratischen Funktion von 2 Variablen

$$f = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n z_i - a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n y_i - c \sum_{i=1}^n x_i y_i - d \sum_{i=1}^n x_i^2 - e \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

Formel 4.27: Regressionskoeffizient f der quadratischen Funktion von 2 Variablen

Die Berechnungsmethode des Korrelationskoeffizienten, die in der 2D-Regression angewendet wurde, ist auch hier gültig.

4.5 Entscheidungsunterstützungswerkzeug und Menschen

Wie die Abbildung 4.3 zeigt, beim Arbeiten mit diesem Entscheidungsunterstützungswerkzeug unterscheiden Menschen drei Gruppen, nämlich Entwickler, Benutzer und Endbenutzer. Sie sind verantwortlich für unterschiedliche Aufgaben:

- Die Entwickler sind die Softwareingenieure. Sie übernehmen den größten Teil der Arbeit, um die Belastung für die Benutzer zu erleichtern. Ihre Hauptaufgaben sind z.B. die Entwicklung und die Wartung des Systems. Teilweise können sie für Benutzer einige Referenzmodelle erstellen. Ein Referenzmodell ist also ein für eine Branche oder einen Wirtschaftszweig erstelltes, allgemeingültiges, anpassbares, und anwendbares Modell. Für die Entwickler sind die Kenntnisse der Betriebsinformationstechnik und der Softwaretechnik erforderlich.
- Die Benutzer sind die Ingenieure des Betriebs. Sie übernehmen die Aufgaben der Analyse und des Entwurfs rechnerunterstützter betrieblicher Anwendungen. Sie passen die Referenzmodelle ihrem Betrieb an und erstellen eigene Anwendungen.
- Die Endbenutzer sind die Entscheidungsträger. Sie benutzen die vom Benutzer entworfenen und erzeugten Anwendungen und treffen die Entscheidungen mittels der Hilfe des Systems.

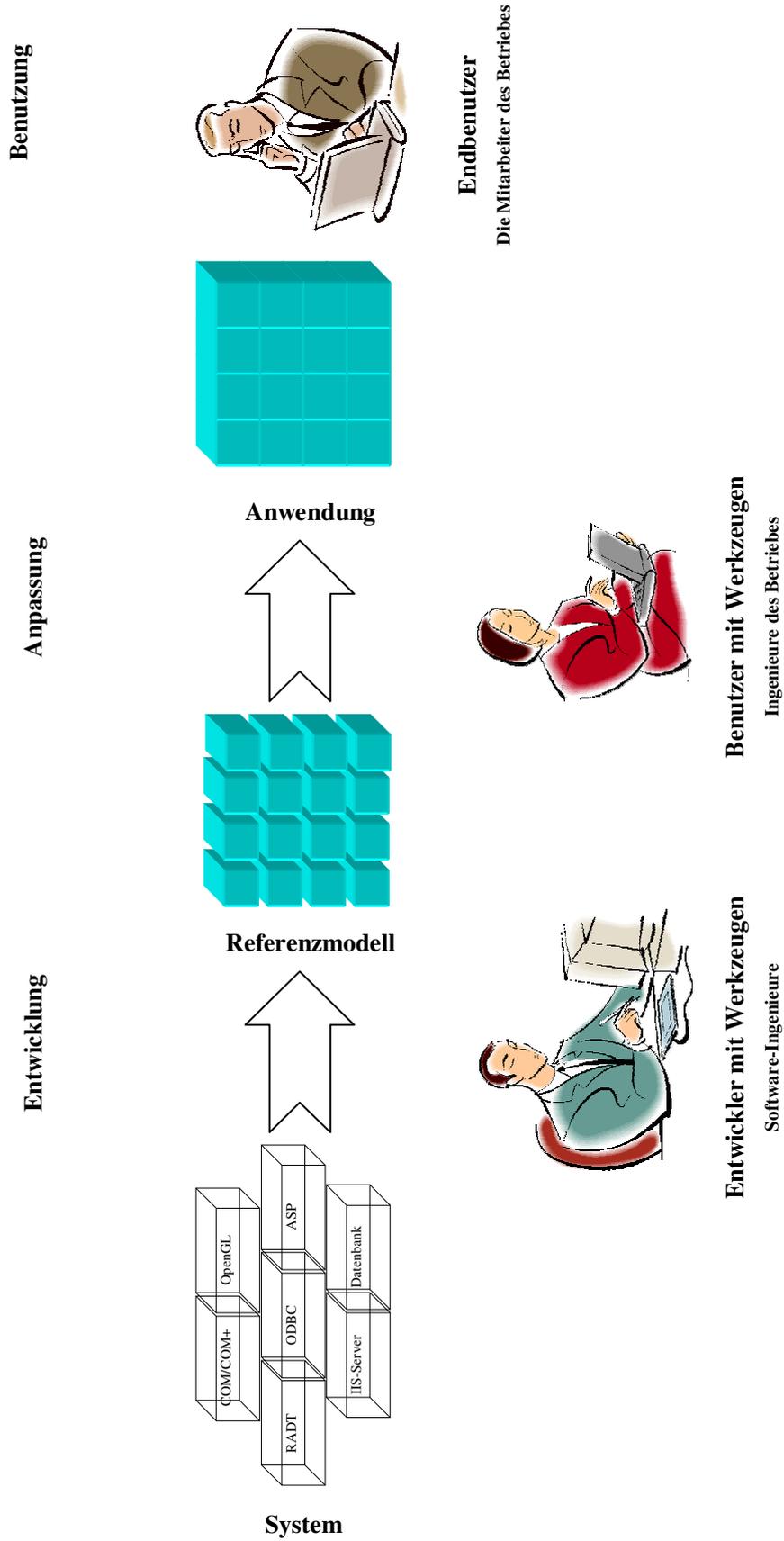


Abbildung 4.3: Das Entscheidungsunterstützungswerkzeug und Menschen

4.6 Arbeitsweg

Wegen der benutzerfreundlichen Oberfläche und des Null-Programmierkenntnis-Konzepts ist es für Benutzer sehr einfach, dieses Entscheidungsunterstützungssystem zu benutzen. Man kann nämlich die Erstellung eines Modells und dessen Analyse durchführen und schon nach diesen zwei Schritten die Zusammenhänge der Betriebsdaten ermitteln. Es ist auch möglich, wenn der Endbenutzer will, die Analyse durch das Internet durchzuführen.

4.6.1 Erstellung des zu analysierenden Modells

Vor der Erstellung eines Anwendungsmodells gibt es zwei Voraussetzungen. Zum einen muss der Benutzer seine Problemstellung, seine Datenquellen und die möglichen Analysen kennen. Zum anderen müssen die zu ermittelnden Informationen bzw. die Betriebsdaten durch die Anwendung anderer Werkzeuge, wie z.B. der Datenbankmanager, der Methodengenerator usw., aufbereitet werden.

Um ein Anwendungsmodell zu erstellen, muss der Benutzer zuerst einige Definitionen durchführen. Wie in dem Definitionsassistent gezeigt, enthalten die Definitionen hauptsächlich 4 Teile, nämlich die Definition der Kenngröße, die Zuordnung der Kenngröße, die Definition des Filters und die Definition der Grafik. Der Definitionsassistent wird in der Abbildung 4.4 gezeigt.

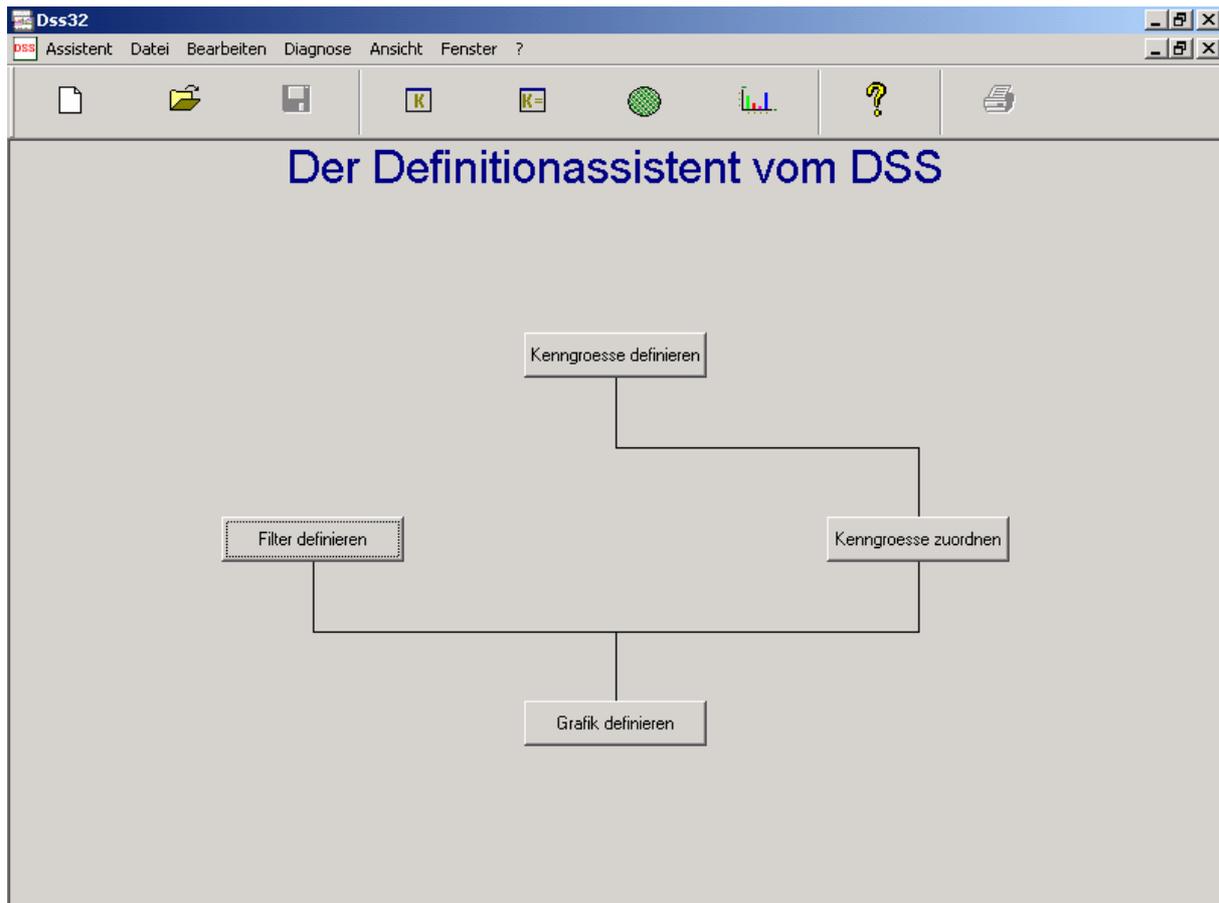


Abbildung 4.4: Der Definitionsassistent

Definition der Kenngröße

Für die Darstellung und anschließende Entscheidung über bestimmte Sachverhalte, die das Programm anzeigt, ist die Definition von Kenngrößen unumgänglich. Die Kenngröße kann z.B. der Lagerbestand (in Euro) oder die Durchlaufzeit (in Tagen) sein. Die Kenngröße wird in ihrer Art als beliebige oder zeitverlaufsbezogene Grafik definiert. D.h. in der Grafik müssen die Zahlenwerte oder die Zeit auf der X-, Y- und Z-Achse angetragen sein.

Bei der Definition einer Kenngröße kann man neue Kenngrößen erstellen oder löschen, oder den Namen der Kenngröße umbenennen. Außerdem kann der Benutzer auch die Diagrammklasse bestimmen und die Dimensionszahl der Kenngröße festlegen. Theoretisch kann die Dimensionszahl eine beliebige natürliche Zahl, die gleich 2 oder grö-

ber als 2 ist, sein. Hier definierte neue Kenngrößen werden später durch die Zuordnung zu bestimmten Datenfeldern verknüpft. In der Kenngrößen-Liste stehen alle definierten Kenngrößen.

Die Abbildung 4.5 zeigt den Dialog der Definition der Kenngröße.

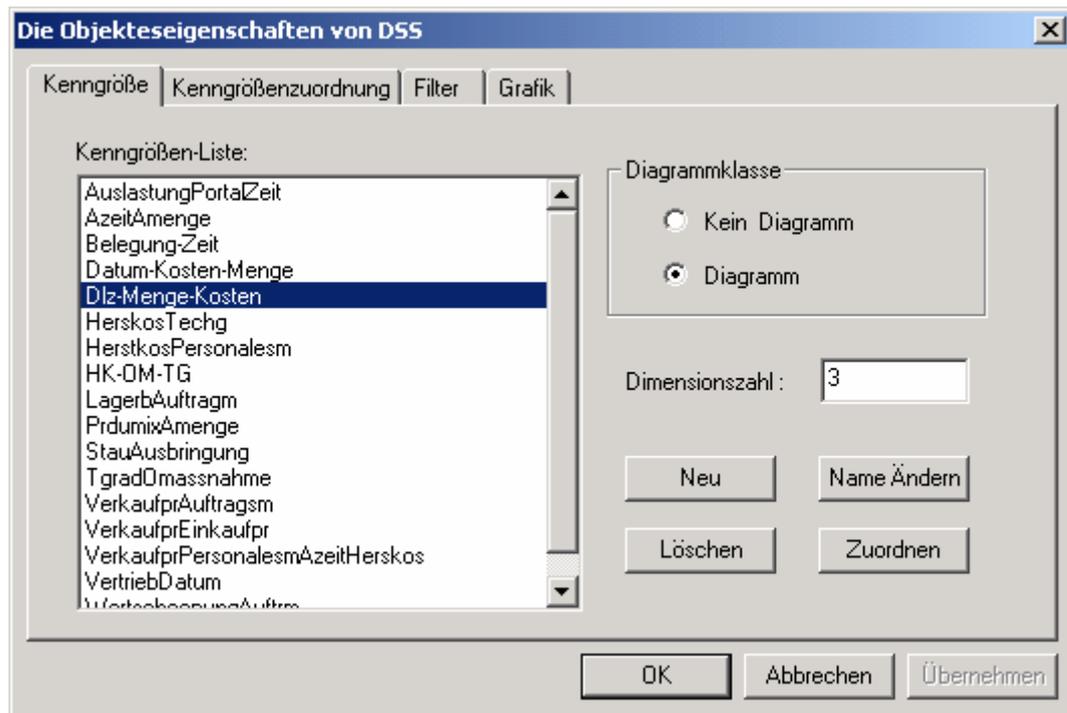


Abbildung 4.5: Definition der Kenngröße

Zuordnung der Kenngröße

Nach der Definition einer Kenngröße erfolgt die Zuordnung, in der alle Dimensionen der späteren Grafik mit Feldern aus der Datenbank belegt werden. Bei der Zuordnung der Kenngröße kann die Kenngröße durch die Multidatenbankkonzeption mit allen vorhandenen Datenbanken frei verbunden werden. Deshalb ist das System bei der Anwendung flexibel einsetzbar. Hier kann der Benutzer in allen Dimensionen Zahlenwerte oder Zeit zuordnen. Die Abbildung 4.6 zeigt den Dialog der Kenngrößenzuordnung:



Abbildung 4.6: Kenngrößenzuordnung

Eine Kenngröße im EUS wird einer Datenbank, einer Tabelle und den verschiedenen Feldern zugeordnet. Die Zuordnung einer Kenngröße zu einer Datenbank umfasst:

- Kenngrößenname: Er ist der Liste zu entnehmen
- Filtername: Optional kann der Benutzer auch einen Datenfilter auswählen, wenn der Benutzer die Daten verdichten möchte.
- Datenbankname: Er ist der Liste zu entnehmen
- Tabellename: Er ist der Liste zu entnehmen
- Datenfeld: Er ist auch der Liste zu entnehmen. Aber der Typ des Feldes muss die Zeit (z.B. ein Datum bzw. DATE) oder ein Nummernfeld (z.B. Ganzzahl, Fließkomma, Dezimal, etc.) sein. D.h. die Daten des Feldes müssen durch Zahlen ausgedrückt sein. Eine Zeichenkette (z.B. eine Email-Adresse oder eine Telefonnummer) macht hier keinen Sinn.

- **Beschriftung:** Der Benutzer kann jede Dimension beschriften. Die Beschriftung wird später in der Grafik als der Achsenname dargestellt.

Die Zuordnung nimmt der Benutzer mit der Schaltfläche „Zuordnen“ vor. Der Benutzer kann eine Kenngröße nur einer Datenbank mit nur einem Tabellennamen zuweisen. Mehrfachzuordnungen sind nicht möglich, da sie nicht eindeutig wären.

Definition des Filters

Ein modernes Unternehmen erzeugt jeden Tag riesige Mengen von Betriebsdaten. Aber bei der Analyse sind nicht alle Daten nötig. Der Benutzer muss die nutzbaren und sinnvollen Informationen herausfiltern. Deshalb braucht der Benutzer einen Filter, um die Daten zu verdichten. Um die Zahlenwerte, die dargestellt werden sollen, weiter einzuschränken, definiert man einen oder mehrere Filter, die mehrfach verwendet werden können. D.h. ein Filter kann bei mehreren Kenngrößen, oder in Kombinationen mit anderen Filtern, auch verwendet werden.

Der Benutzer weist einer Kenngröße ein Feld für jede Dimension zu. Diese so zugeordnete Kenngröße kann der Benutzer nach der Zuordnung sofort als Grafik darstellen. Sollte der Benutzer keinen Filter für die Kenngröße definiert haben, so werden alle Daten dargestellt. Der Filter kann völlig frei von Ihnen definiert werden.

Die Abbildung 4.7 zeigt den Definitionsdialog von Filtern. Die bereits definierten Filter erscheinen mit ihrem Namen im Anzeigenfeld der Datenfilterliste. Benutzer können hier neue Filter erstellen und die Textbeschreibung eingeben, um den Filter und seine Funktion zu beschreiben. Die Entfernung eines vorhandenen Filters ist auch möglich. Die Datenbank, die auf dem Filter angewendet werden soll, steht in der Liste darunter.

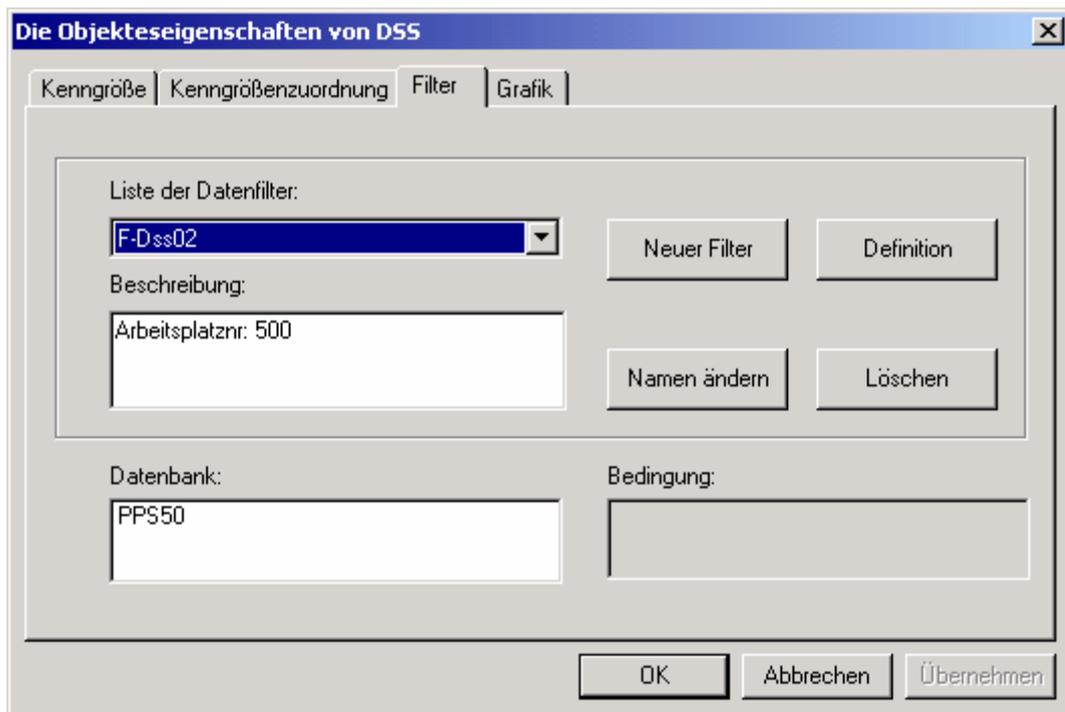


Abbildung 4.7: Der Definitionsdialog des Filters

Die Definition eines Filters ist nur der erste Schritt der Datenverdichtung. Um die betrachteten Daten zu filtern, muss ein Filter noch mit einigen anderen Bedingungen verknüpft werden. Die Abbildung 4.8 zeigt den Definitionsdialog der Bedingung. Wenn der Benutzer die auf dem Filter angewendete Datenbank belegt hat, dann kann der Benutzer hier die Bedingungen für den Filter definieren. Hier stehen alle Datenbanktabellen, Felder und Funktionen zur Verfügung, um die logische Funktion des Datenfilters zu definieren. Jede einzelne Teilbedingung kann auch kombiniert werden.

Bei der Definition eines Filters wird Bezug auf reale Felder in den Datenbanktabellen genommen. Wenn die betrachteten Spaltennamen der Filterdefinition auch in anderen Tabellen gleich sind, können Benutzer einen Filter mehrfach verwenden. Die Mehrfachverwendung ist auch in anderen Datenbanken möglich. Für gleiche Objekte sollten immer gleiche Feldnamen verwendet werden, damit einmal definierte Filter mehrfach verwendet werden können.

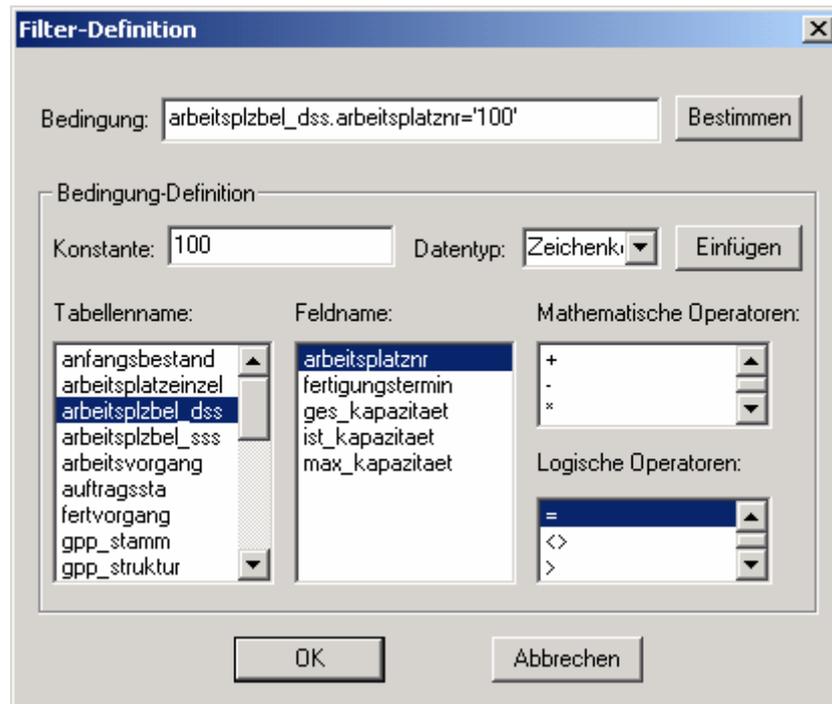


Abbildung 4.8: Der Definitionsdialog der Bedingung

Definition der Graphik

Die Abbildung 4.9 zeigt den Definitionsdialog der Graphik. Bei der Darstellungsart, nämlich der Graphik von Datenbankinformationen, stehen zwei- und dreidimensionalen Grafiktypen zur Verfügung. Wie bereits in der **Definition der Kenngröße** beschrieben kann der Benutzer theoretisch eine n -dimensionale ($n \geq 2$) Kenngröße definieren. Aber bei der Darstellung der Kenngröße ist es nur möglich, die zwei- oder dreidimensionale Graphik zu erzeugen, weil eine n -dimensionale ($n > 3$) Graphik weder für Benutzer leicht erfassbar noch auf dem Bildschirm leicht darstellbar ist. Hat der Benutzer eine n -dimensionale ($n > 3$) Kenngröße benutzt, wird diese Kenngröße durch mehrere zwei- oder dreidimensionale Graphiken (nach dem Wunsch des Benutzers bei der Grafikdefinition) dargestellt werden. Die dargestellten Daten müssen entweder vom Typ „Datum“ oder vom Typ „Zahl“ bzw. „Fließkommazahl“ sein.

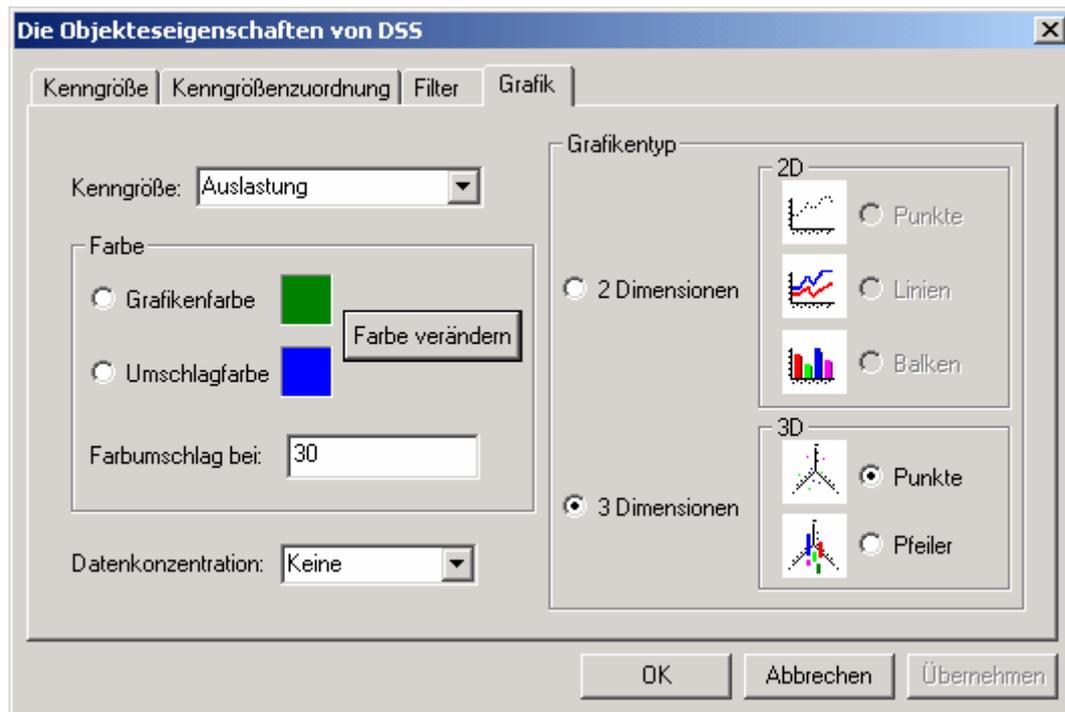


Abbildung 4.9: Der Definitionsdialog der Graphik

Zusätzlich können Benutzer noch eine Datenkonzentration definieren. Manchmal kann es vorkommen, dass es z.B. zu einem Datum nicht nur eine sondern mehrere Daten gibt. Aus diesem Grund können Daten, die auf dem gleichen Zeitpunkt liegen, nach folgenden unterschiedlichen Methoden zusammengefasst werden:

- **Summe:** Mehrere Werte werden zu einem gleichen Zeitpunkt zusammengefasst, indem sie addiert werden. In der Graphik wird nur die Summe angezeigt.
- **Minimum:** Aus allen Werten, die zu einem gleichen Zeitpunkt gehören, wird nur der kleinste Wert betrachtet.
- **Maximum:** Aus allen Werten, die zu einem gleichen Zeitpunkt gehören, wird nur der größte Wert betrachtet.
- **Durchschnitt:** Mehrere Werte werden zu einem gleichen Zeitpunkt zusammengefasst, indem ihr Mittelwert gebildet wird. Nur der Mittelwert wird angezeigt.

Wenn keine Datenkonzentration benutzt wurde, werden alle Werte in der Graphik dargestellt. Es hängt von der ausgewählten Grafikkart wie z.B. Punkte, Linien, Balken oder Pfeiler ab, wie die Werte erkennbar sind. Am übersichtlichsten ist die Darstellung durch Punkte.

Um die Graphik auffällig zu machen, können Benutzer der Graphik eine Standardfarbe zuweisen. Weisen Benutzer keine Standardfarbe zu, werden die Graphiken mit der vorgegebenen Grünfarbe dargestellt. Bei der Darstellung von Graphiken kann auch ein Farbumschlag definiert werden. Der Farbumschlag muss mit dem Umschlagwert zusammen arbeiten. D.h. der Umschlag der Farbe wird durch einen Wert gesteuert, der bei der Definition einer Graphik festgelegt werden muss. Unterhalb und gleich diesen Wert wird die Standardfarbe dargestellt. Oberhalb dieses Wertes wird die Umschlagfarbe verwendet. So können Benutzer in Graphiken schnell wichtige Werte anhand der Farbgebung erkennen, ohne den Wert exakt kennen zu müssen. Die vorgegebene Umschlagfarbe ist Blau.

4.6.2 Diagnose und Prognose

Nach der Definitionsphase wird eine n -dimensionale Graphik erstellt. Mit der vorbereiteten Kenngröße und dem Filter werden entsprechende zu analysierende Daten von der zugewiesenen Datenbank ausgelesen und als Punkte im zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystem dargestellt. Beim Auslesen der Daten müssen Benutzer einige Besonderheiten beachten:

- **Datumfeld:** In einer relationalen Datenbank erscheinen Datumfelder unterschiedlichen Typs. Für die zeitliche Darstellung von Grafiken wird manchmal ein Datum, welches normalerweise aus den Angaben Tag, Monat und Jahr besteht, benötigt. Üblicherweise wird dieser Feldtyp mit DATE oder DATUM bezeichnet. Bei der Darstellung werden das amerikanische und europäische Format unterschieden. Europäisches Format ist TT-MM-JJJJ und während das amerikanische Format MM-TT-YYYY ist. Die Wahl des Formates ist in diesem System im europäischen Format festgelegt und benötigt vom Benutzer keine weiteren Einstellungen.
- **Trennungszeichen:** Als Trennungszeichen wird der Punkt durch einen einfachen Punkt dargestellt. Bei der Zuordnung für ein Zahlenfeld gibt es mehrere Mög-

lichkeiten der Definition in der Datenbank. Ein Integerfeld kann ganze Zahlen (ohne Komma) aufnehmen.

- Fließkommazahl: Eine Fließkommazahl hat immer ein Komma, besteht also nie aus einer ganzen Zahl. Die Genauigkeit hinter dem Komma kann normalerweise definiert werden.
- Dezimal: Dieser Feldtyp stellt eine Kombination zwischen Integer und Kommazahl dar. Er kann wahlweise mit und ohne Komma definiert werden. Die Genauigkeit vor und hinter dem Komma kann normalerweise auch definiert werden.

Die erstellte Grafik wird nach der Definition im Fenster dargestellt, wie die Abbildung 4.10 zeigt:

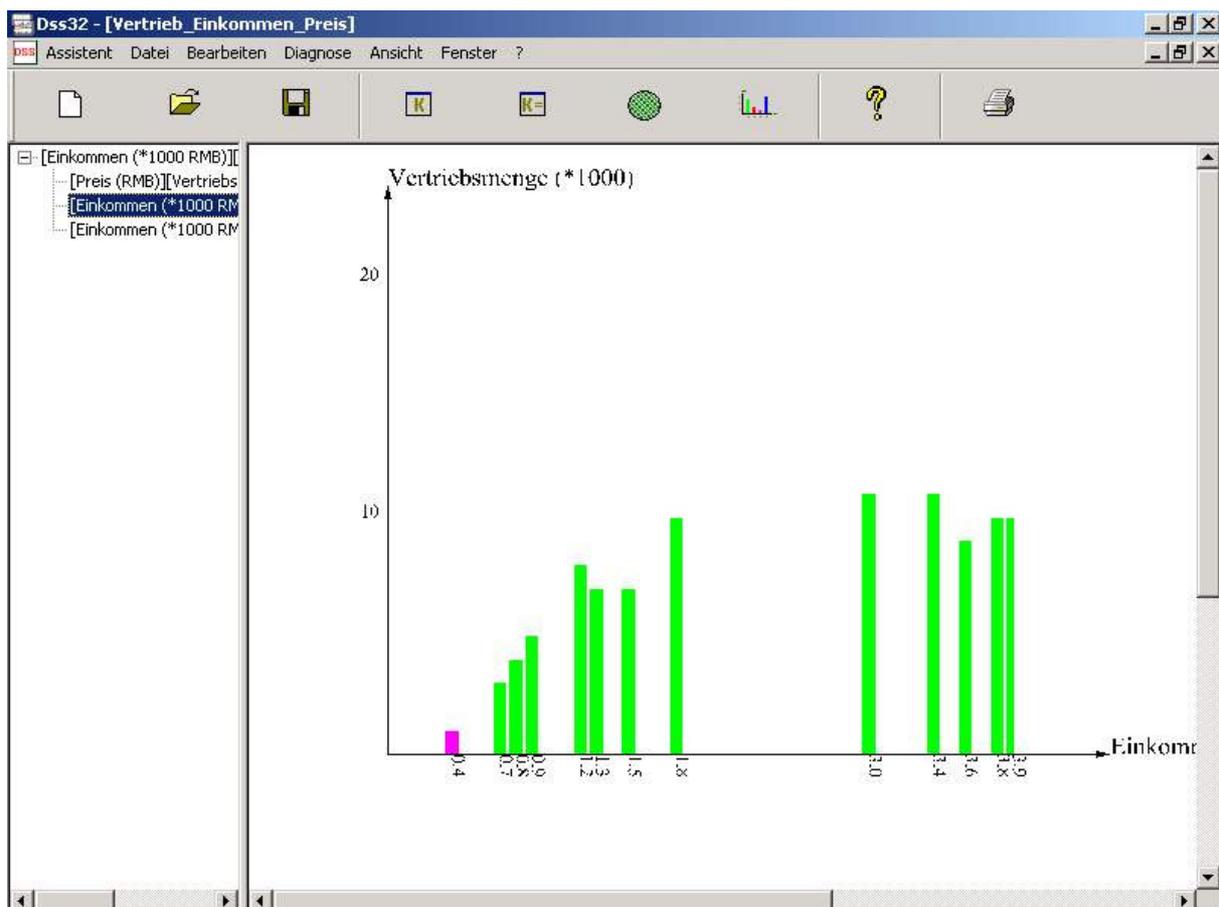


Abbildung 4.10: Die Grafikfenster

Hier erscheinen zwei Fenster. Im linken Fenster wird die angewendete Kenngröße dargestellt. Wenn die Dimensionszahl der Kenngröße gleich der Dimensionszahl der Grafik ist, dann gibt es im linken Fenster nur ein Datenwort. Wenn z.B. die Dimensionszahl der Kenngröße gleich 2 oder 3 ist, dann ist entsprechend die Dimensionszahl der Grafik auch gleich 2 oder 3. Nach einem Doppelklick auf das Datenwort, wird die Grafik im rechten Fenster dargestellt. Wenn die Dimensionszahl der Kenngröße größer als die Dimensionszahl der Grafik ist, wird ein Verzeichnis im linken Fenster dargestellt. Die Grafik wird nur im rechten Fenster dargestellt durch einen Doppelklick auf ein Datenwort der untersten Ebene.

Nach der Erscheinung der Grafik, kann der Benutzer schon die Daten analysieren. Unter dem Menü „Diagnose“ stehen verschiedene Funktionen zur Verfügung, wie in der Abbildung 4.11 gezeigt wird:

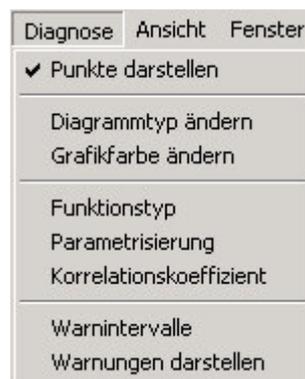


Abbildung 4.11: Das Menü „Diagnose“

- Punkte darstellen: Damit kann der Benutzer festlegen, ob die Punkte in der Grafik dargestellt werden sollen.
- Diagrammtyp ändern: Hier kann der Benutzer festlegen, in welcher Form die Grafik dargestellt werden soll. Wie die Abbildung 4.12 zeigt, gibt es für die 2D-Grafik 3 auswählbare Formen, nämlich Punkte, Linien und Balken. Eine 3D-Grafik kann entweder in „Punkten“ oder in „Pfeilern“ dargestellt werden.

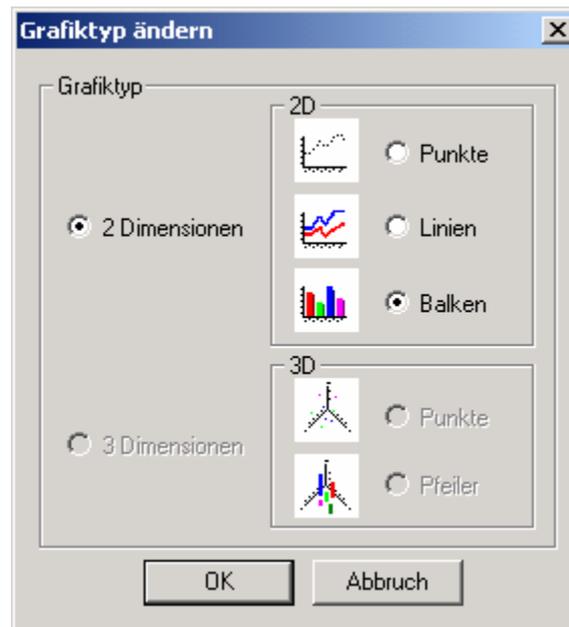


Abbildung 4.12: Der Grafiktyp

- Grafikfarbe ändern: In einer Grafik können Grafikfarben besondere Bedeutung haben. Bei der Analyse kann der Benutzer nach eigenem Wunsch die Farbe und den Umschlagswert ändern, wie in der Abbildung 4.13 gezeigt wird:



Abbildung 4.13: Der Umschlagwert und die Grafikfarbe

- Funktionstyp: Wie bereits in vorangegangenen Kapiteln beschrieben, wurde das System entwickelt, um eine Situationsanalyse auf der Basis der vorhandenen Betriebsdaten durchführen zu können. Mit diesem System können Benutzer

schnell, einfach und flexibel Betriebsdaten bearbeiten, komplexe Analysen für die Entscheidungsfindung durchführen, die Betriebsdaten aus unterschiedlichen Sichten analysieren und die Abhängigkeiten zwischen den Daten für die Entscheidungsfindung erkennen. Auf der Basis solcher Funktionalitäten kann jeder Benutzer aus eigener Sicht ein Analysemodell erstellen. Alle erstellten Modelle können in Dateien gespeichert werden und für alle Anwender verfügbar sein. In allen Funktionalitäten des Systems ist die Datenanalyse der Kernpunkt. Wie im Kapitel 4.4 ausgeführt, stehen in diesem System 3 Standardfunktionen für die Datenanalyse bzw. für die Analyse der Punktwolken zur Verfügung, wie in der Abbildung 4.14 gezeigt. Nach der Auswahl des Funktionstyps wird entweder die Regressionslinie oder –kurve in 2D-Grafik oder die Regressionsebene oder –krümmung in 3D-Grafik erscheinen.



Abbildung 4.14: Der Funktionstyp

- Parametrisierung: Wenn der Benutzer eine Funktion ausgewählt hat, werden alle Regressionskoeffizienten der Regressionsfunktion automatisch ausgerechnet. Als Beispiel zeigt die Abbildung 4.15 die Regressionskoeffizienten einer exponentiellen Funktion in 2D und die Abbildung 4.16 die Regressionskoeffizienten einer quadratischen Funktion in 3D.



Abbildung 4.15: Regressionskoeffizienten einer exponentiellen Funktion in 2D

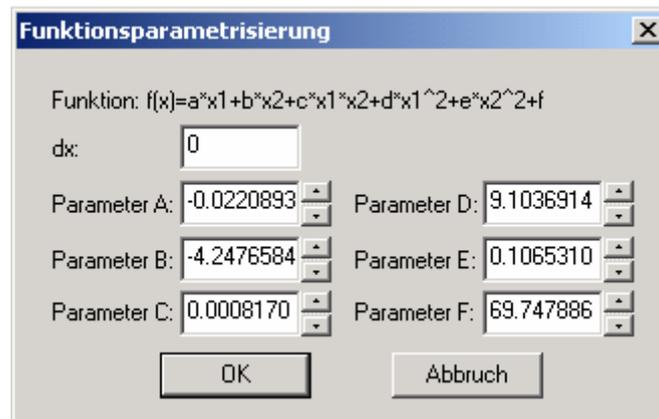


Abbildung 4.16: Regressionskoeffizienten einer quadratischen Funktion in 3D

Hier ist es auch möglich, die Parameter manuell anzupassen. Manchmal entspricht die mathematisch optimale Lösung der Realität nicht. Durch die Änderung der Parameter kann der Benutzer sofort den Einfluss auf die Regressionsgrafik erkennen und die Wichtigkeit dieses Parameters grob einschätzen.

- Korrelationskoeffizient: Wie im Kapitel 4.4 geschildert, drückt der Korrelationskoeffizient den Korrelationsgrad aus. Der wird in einem Dialog, wie in der Abbildung 4.17 gezeigt, ausgegeben.



Abbildung 4.17: Der Korrelationskoeffizient

- Warnintervalle: Die Darstellung der Datenwerte ist durch die Darstellung der Punktwolken realisiert. Normalerweise streuen bei der Analyse die Punktwolken in der Nähe der erwarteten oder berechneten Positionen. Aber es handelt sich um kleine akzeptierbare Abweichungen. Manchmal jedoch gibt es sehr kleine Menge von Punkten, die stärker von den Sollpositionen abweichen. Das bedeutet, dass es in den zu analysierenden Daten Ausnahmen gibt. Solche Ausnahmen müssen im Management beachtet und detailliert analysiert werden. Um die Belastung des Managers zu verringern und die Betrachtung des Managers zu vereinfachen, können Benutzer in diesem System auf Grund eigener realer Situationen 3 Intervalle in Ampelfarbe, nämlich Grün, Gelb und Rot, definieren. Die Abbildung 4.18 zeigt den Definitionsdialog der Warnintervalle:



Abbildung 4.18: Die Definition der Warnintervalle

- Grün: Es gibt keine Ausnahme. Alle in diesem Bereich streuende Punkte sind in Sollsituation. Solange alle Punkte im Grün-Bereich liegen, läuft das zu ermittelnde Objekt völlig nach Plan. Weitere Aktivitäten sind völlig unnötig.
- Gelb: Das ist die Vorwarnstufe. Zwar gibt es relativ große Abweichungen von der Sollsituation, aber die Abweichungen bewegen sich immer noch in der Toleranzgrenze bzw. die ermittelten Objekte sind kontrollierbar. Nach der konkreten Situation muss ein Manager festlegen, ob es nötig ist, eine komplette sorgfältige Analyse durchzuführen.
- Rot: Wenn ein Punkt im roten Bereich liegt, handelt es sich um eine Ausnahme. Der Istwert weicht gravierend vom Sollwert ab und bewegt sich nicht mehr in der Toleranzgrenze. Eine Analyse ist notwendig und dringend.

Außerdem können Benutzer hier auch einen „Arbeitspunkt“ definieren. Der Arbeitspunkt sollte nach persönlichen Erfahrungen und bisherigen Ergebnisse eingeschätzt und festgelegt werden. Er ist der Festpunkt der Definition der Warnintervalle.

- Warnungen darstellen: Hier kann der Benutzer festlegen, ob die Warnintervalle in der Grafik dargestellt werden sollen

Die Abbildung 4.19 zeigt eine Grafik mit der Regressionskrümmung und den Warnintervallen.

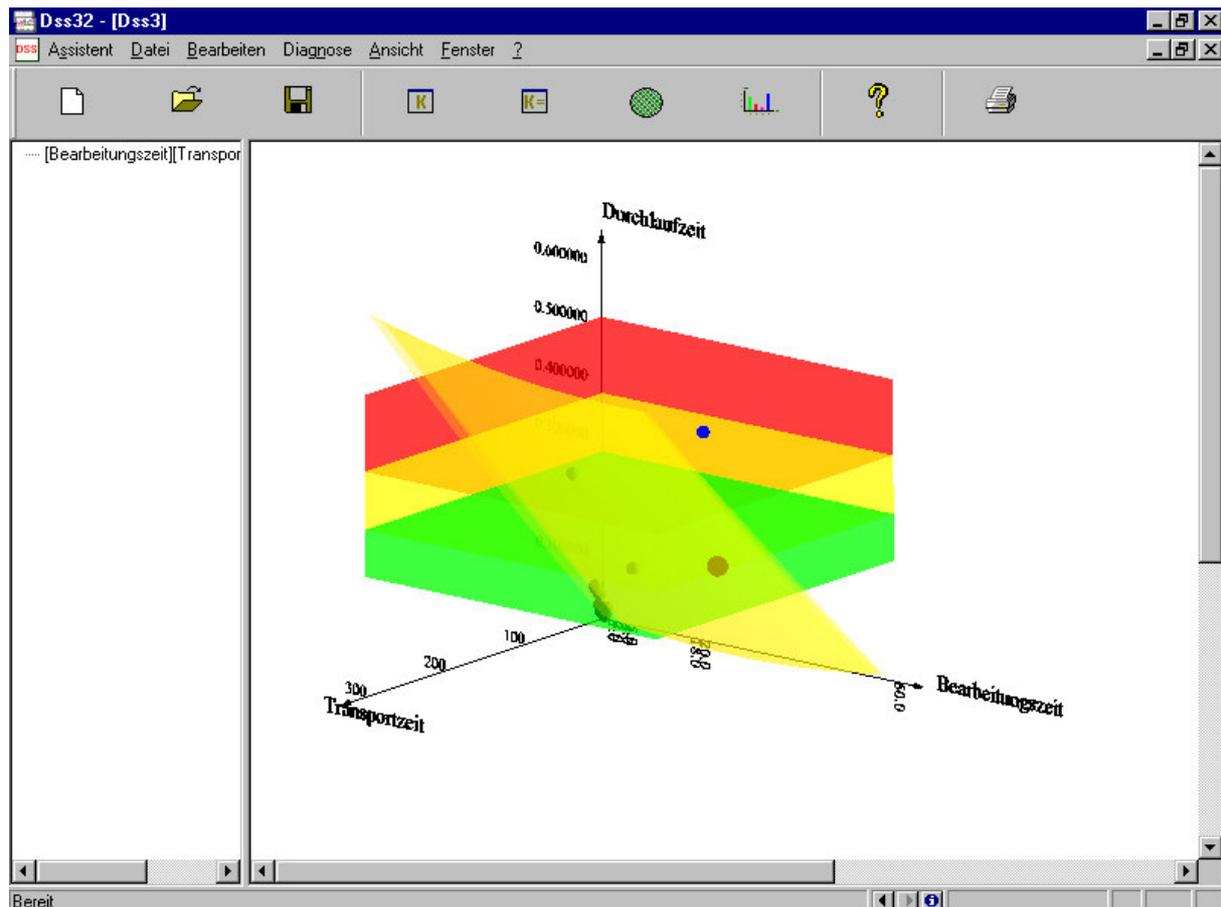


Abbildung 4.19: Eine Grafik mit der Regressionskrümmung und den Warnintervallen

4.6.3 Anwendung im Internet/Intranet

Durch die rapide Entwicklung der Kommunikations- und Transporttechniken wird unsere Welt immer kleiner. Die „Globalisierung“ ist nicht mehr nur ein Schlagwort von Politikern und Ökonomen. Sie ist schon ein Teil unseres Lebens. Unsere Erde schrumpft zu einem Dorf. Die Internationalisierung der Unternehmen erfordert eine Vielfalt der Standorte und mehr internationale Kooperation. Es kommt sehr oft vor, dass ein Manager gestern noch in China an einer Sitzung der Vertriebsabteilung teilgenommen hat und heute bereits die Herstellung der Ware im Produktionswerk in Deutschland organisiert. Deshalb ist es nötig für die Manager, dass sie an jedem Ort und jederzeit für ihre Entscheidungsfindung die Unterstützung von einem EUS nutzen

können. Heutige Internet/Intranet-Technologie spielt in einem solchen System eine wesentliche Rolle.

Internet/Intranet-Technologie ist die wichtigste Informationstechnologie im Computerkommunikationsbereich. Mit ihr kann man eine virtuelle elektronische Welt erstellen und schnell und einfach die Informationen übertragen und austauschen. Z.B. mittels WWW durch den dynamischen interaktiven Informationsaustausch wird E-Business realisiert. Alle diese Anwendungen basieren auf dem verteilten Datenbanksystem und den dynamischen Programmen der Web-Anwendungen, die interaktiv zwischen dem Benutzer und der Datenbank sind.

Beim Realisieren der Internet/Intranet-Anwendungen ist die Client/Server-Architektur die am häufigsten benutzte Architektur in heutiger Zeit. Bei der die Ressourcen von einem zentralen Server angeboten werden, auf die von den Arbeitsstationen „Clients“ aus zugegriffen werden kann. Der Server stellt einen Dienst zur Verfügung. Der Client bietet die Benutzeroberfläche oder die Benutzerschnittstelle der Anwendung an. Ein auf dieser Architektur basierendes System ist deshalb sehr flexibel und leicht zu erweitern oder zu minimieren. In realen Internet/Intranet-Anwendungen gibt es zwei Formen der heutigen Client/Server-Architektur:

- normale Client/Server-Anwendung
- auf der Web-Technik basierende Browser/Server-Anwendung

Eine normale Client/Server-Anwendung kann entweder eine zweischichtige Architektur oder eine auf dem Grund der zweischichtigen Architektur erweiterte dreischichtige Architektur sein, die aus dem Client, dem Applikationsserver und dem Datenbankserver besteht. Die auf solchen Architekturen basierenden Anwendungssysteme wurden zwar im breiten Bereich angewendet, aber sie haben noch einige Nachteile:

- Sie sind geschlossene Systeme. Die Kommunikation zwischen verschiedenen Systemen ist unmöglich.
- Jedes System hat eine eigene Benutzeroberfläche. Es ist aufwendig für den Benutzer, alle Benutzeroberflächen kennen zu lernen.

- Die Entwicklung, die Wartung und das Upgrade solcher Systeme sind sehr kompliziert.

Nach der Einführung der Web-Technik wurde die Client/Server-Architektur zur Browser/Server-Architektur erweitert. Sie besteht aus Browsern, Webservern und Datenbankservern. Ein auf dieser Architektur basierendes System hat folgende Vorteile:

- Es ist einfach zu benutzen. Anwender benutzen nur den Standardwebbrowser wie z.B. den IE von Microsoft oder den Navigator von NetScape. Durch den Mausclick können sie schon Text, Grafiken, Stimmen, Video und Datenbanken usw. zugreifen. Es ist besonders geeignet für die Nicht-Informatiker.
- Da es bei der Client-Seite nur den Standardwebbrowser gibt, ist die Wartung ganz einfach.
- Es hat eine größere Offenheit. Die von der Web-Technik unterstützten HTML und XML sind offene Standards.
- Es hat ebenso eine größere Erweiterungsfähigkeit; denn es benutzt standardmäßige TCP/IP und http und kann direkt im Internet eingebunden werden.
- Durch die Installation von Firewall wird die Netzwerksicherheit des Unternehmens gesichert.

Wegen dieser Vorteile wird die Browser/Server-Architektur in diesem Entscheidungsunterstützungssystem angewendet, um seine Internet/Intranet-Anwendung zu realisieren. Die hauptsächlich benutzten Entwicklungstechnologien der dynamischen verteilten Webapplikation sind in heutiger Zeit: JSP + Apache und ASP + IIS. JSP besteht für Java Server Pages und ist eine von Sun Microsystems entwickelte Technologie. Apache ist ein von der Apache Software Foundation entwickelter HTTP Server. ASP ist eine von Microsoft entwickelte Technologie und wird schon im Kapitel 2.2.3.5 vorgestellt. IIS besteht für Internet Information Server und wurde auch von Microsoft entwickelt. Der Arbeitsvorgang von ASP + IIS wurde auch im Kapitel 2.2.3.5 erwähnt. Weil das ganze System unter Windows entwickelt wurde, wird auch in dieser Arbeit ASP + IIS angewendet.

In diesem Entscheidungsunterstützungssystem wird die Internet/Intranet-Funktion in 3 Schritten realisiert, wie die Abbildung 4.20 zeigt:

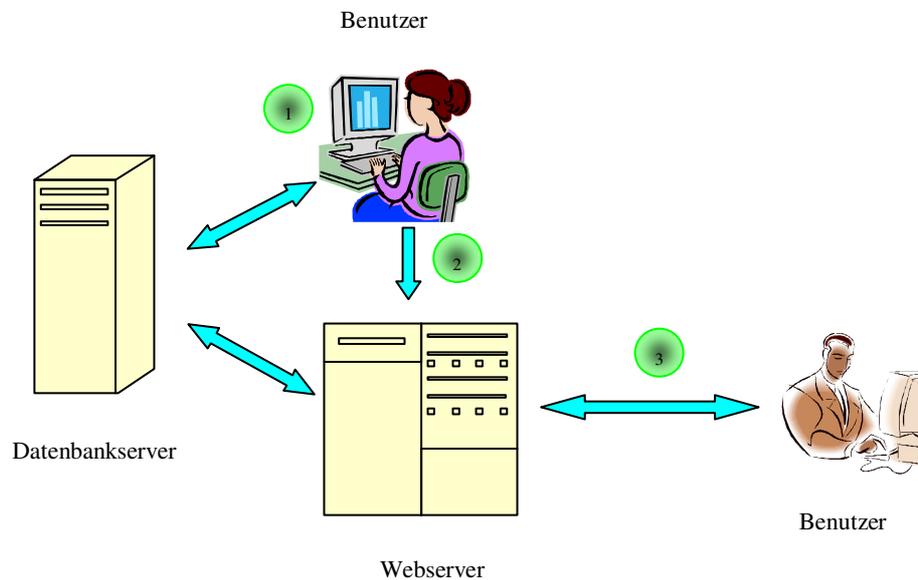


Abbildung 4.20: 3 Schritte in der Internet/Intranet-Anwendung

- Schritt 1: Für die Entscheidungsfindung ein Analysemodell erstellen.
- Schritt 2: Das Analysemodell als eine ASP-Datei erstellen und zum Webserver exportieren.
- Schritt 3: Mit dem Webbrowser rufen Benutzer die auf dem Webserver gespeicherte ASP-Datei auf. Das Ergebnis wird im Webbrowser dargestellt.

Schritt 3 kann man auf zwei Weisen realisieren: Nach dem Aufruf von einem Webbrowser bzw. einem Benutzer holt der Webserver zuerst die erforderlichen Daten vom Datenbankserver, dann erzeugt entweder der Webserver ein Bild und schickt es zum Webbrowser, der alle Bearbeitungen der Daten und die Erzeugung des Bildes beim Webserver durchführt, oder er schickt dem Webbrowser nur die originalen Daten. Dann werden die Berechnungen der Daten und die Erzeugung des Bildes von der Clientseite durchgeführt. In der ersten Weise ist es klar, dass der Webserver schwer belastet ist, da der Webserver gleichzeitig mehrere Anforderungen von mehreren Benutzern annimmt, und die Bearbeitung und die Erzeugung des Bildes mehr Hardware-

ressourcen erfordern. In der zweiten Weise ist der Vorteil deutlich. Die Belastung, die in der ersten Weise beim Webserver entsteht, wird auf dem Clientcomputer verteilt. Deshalb wird in dieser Arbeit die Internet/Intranet-Applikation in der zweiten Weise aufgebaut. Aber im Standardwebbrowser können weder die vom Webserver erhaltenen Daten berechnet noch die mit OpenGL erzeugte Grafik dargestellt werden. Einige Erweiterungen des Webbrowsers sind erforderlich. In dieser Arbeit wird die COM/COM+-Technik benutzt. Im Kapitel 2.2.3.4 wurde diese Technik schon ausführlich vorgestellt. Mit COM/COM+ wurde eine Komponente für den Standardwebbrowser entwickelt. Damit kann der Benutzer mit dem Webbrowser in der ganzen Welt seine Analysemodelle benutzen und die Entscheidungsunterstützung nutzen.

Die Abbildung 4.21 zeigt ein Analysemodell im Internet Explorer (IE):

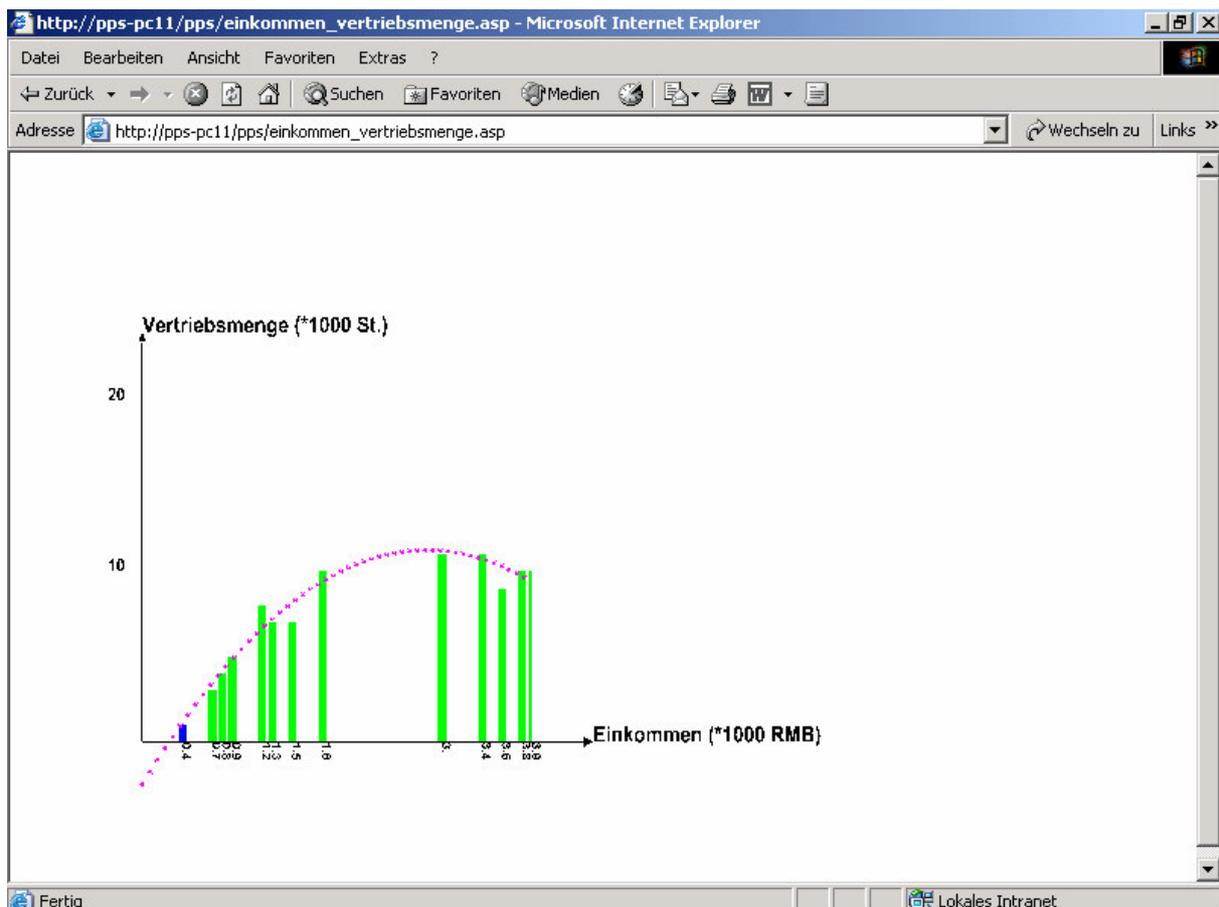


Abbildung 4.21: Internet/Intranet-Anwendung des Entscheidungsunterstützungssystems

5 Fallbeispiele

Es gibt schon einige Entscheidungsunterstützungssysteme und ähnliche Werkzeuge für die Entscheidungsfindung auf dem Markt, wie z.B. „Business Intelligence“ von SAP AG. Das in dieser Arbeit entwickelte Entscheidungsunterstützungssystem basiert auf dem REFA-OSA-Konzept und kann fast in jeder Abteilung eines Produktionsunternehmens benutzt werden.

Entscheidungen sind in heutigen Unternehmen zwar sehr normale Aktivitäten, die täglich auf allen Managementebenen und in jeder Abteilung der Unternehmen getroffen werden, denn sie sind sehr mannigfaltig. Die Komplexität der Entscheidungsfindung ist unterschiedlich für verschiedene Managementebenen.

Normalerweise ist eine Entscheidungsfindung im untergeordneten Bereich oder in einer untergeordneten Abteilung des Unternehmens relativ simpel (wie z.B. die in der Abbildung 3.8 gezeigten Bereichsebene und Abteilungsebene.). Durch die Erstellung einer oder zwei Kenngrößen und der darauf basierenden Analysen kann das Entscheidungsproblem schon gelöst werden.

Für die Führungsebene des ganzen Unternehmens ist eine Entscheidungsfindung nicht mehr so einfach. Sie betrifft normalerweise mehrere Faktoren inner- und außerhalb des Unternehmens und mehrere Bereiche und Abteilungen eines Unternehmens. In diesem Fall soll die Entscheidungsfindung auf einer Reihe von Kenngrößen aus verschiedenen Bereichen und Abteilungen basieren.

Ein Beispiel ist die Entscheidung von Eigenfertigung oder Fremdbezug. Im Zuge der schlanken Produktion (lean production) ist ein Trend zur Reduzierung des Eigenfertigungsanteils und somit der Fertigungstiefe festzustellen. Die Ursache liegt in der Konzentration auf das Kerngeschäft, also auf dem Gebiet, auf dem das Unternehmen einen komparativen Vorteil beispielsweise durch Spezialisierung hat. So ist es möglich, die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens durch den Einkauf der Zulieferteile bei spe-

zialisierten Lieferanten zu stärken. Weniger komplexe oder selten benötigte Güter sind ebenfalls für Fremdbezug geeignet. Kriterien für eine systematische Eigenfertigung oder Fremdbezug sind selbstverständlich hauptsächlich die Herstellungskosten, die Transaktionskosten und die Zuverlässigkeit der Belieferung und auch die mögliche Abhängigkeit von Lieferanten. Bei der Ermittlung der Herstellungskosten sind die Kenngrößen über Mengen und Mengendifferenzen, Zeiten und eine Reihe von Kostenüberwachungen (Fixe Kosten, variable Kosten, Fertigungskosten, usw.) notwendig.

Ein anderes kompliziertes Beispiel ist die Entscheidung über die Vertriebs- und Fertigungsplanung. In diesem Fall werden mindestens drei Bereiche, nämlich der Vertrieb, die Fertigung und die Lagerung, betroffen. Der Schwerpunkt dieser Entscheidungsfindung ist die Abgleichung zwischen dem Verkauf und der Produktion. Um den Verkauf und die Produktion abzugleichen, um die Verkaufs- und Kapazitätskontingenten festzulegen, muss die Entscheidungsfindung ein dynamischer Prozess sein und die Gruppenbesprechung der drei Bereiche ist auch nötig. Inzwischen braucht jeder Bereich eine Reihe von Kenngrößen, um die eigene Situation in der Vergangenheit und die Ist-Situation zu überwachen, zu analysieren und mit anderen Bereichen zu koordinieren. Z.B. für den Vertrieb sind Kenngrößen von Zeit und Verkaufsplan aller Produkttypen notwendig. Der Fertigungsbereich braucht Kenngrößen von Produktionsmengen aller Produkttypen und Termine aller Kundenaufträge, der Auslastung und Zeit. Für das Lager sind die Kenngrößen von Mengen aller Produkttypen und Zeit erforderlich. Idealerweise sollte ein Simulationssystem in diesem Prozess eingesetzt werden. So kann der Entscheidungstreffer die Korrektur rechtzeitig vornehmen und den möglichen Verlust vermeiden, wenn es Fehler in der Entscheidung gibt.

Es folgt ein Fallbeispiel, das die Anwendung des Systems in der Produktionssimulation bei der Entscheidung zeigt.

Die Produktionssimulation spielt eine wichtige Rolle im modernen Produktionsgebiet. Damit kann man bestehende oder geplante Produktionsstätten anhand der unternehmerischen Ziele überprüfen, bewerten und verbessern. Beim Simulieren wird eine große Menge von Betriebsdaten erzeugt. Die Analyse solcher Daten ist eine wichtige Basis für die Entscheidung. In diesem Beispiel werden die Betriebsdaten, die von einem exzellenten Fabriksimulator – SIMFLEX/3D – erzeugt werden, analysiert.

Das Konzept von SIMFLEX wurde erstmalig auf der GI-Tagung in München 1977 als grafisch interaktiver Simulator vorgestellt. [Reinhardt, 1977] Der Simulator SIMFLEX/3D ist von Prof. A. Reinhardt entworfen und Anfang der siebziger Jahre in Berlin umgesetzt worden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt entspricht der Simulator der VDI-Richtlinie 3633 und wird im Fachgebiet Produktionssysteme des Instituts für Produktionstechnik und Logistik der Universität Kassel in der Forschung und Lehre eingesetzt. Der Simulator SIMFLEX/3D ist in der Programmiersprache C und C++ programmiert. Die Darstellung der dreidimensionalen Grafik erfolgt mit Hilfe der Funktionsbibliothek OpenGL. Einsatzgebiet ist hauptsächlich die Fabrik- bzw. Materialflusssimulation.

Die in diesem Beispiel zu analysierenden Daten sind aus dem Simulationsmodell, das in der Abbildung 5.1 gezeigt wird. Das Modell besteht aus 3 Linien:

- die Hauptlinie, bestehend aus den Bausteinen 14, 15, 16 sei L0 genannt;
- die Obere Linie mit den Maschinen 3, 5, 7 sei L1 genannt;
- und die untere Linie mit den Maschinen 19, 21, 23 sei L2 genannt.

In L0 werden 2 Produkte gefertigt nach den Ablaufplänen 110 und 120. Jedes Produkt zieht aus den Linien L1 und L2 je ein Zulieferteil. Die Linie L0 ist für das Produktionsprogramm (Arbeitspläne 110 und 120) mit hinreichender Kapazität ausgelegt. Die Steuerung der Zulieferteile beeinflusst den Durchsatz. In der Linie L1 ist die Maschine 5 wegen Störungen nicht voll verfügbar, eben so die Maschine 21 in der Linie 2. Um den besten Durchsatz bei geringem Bestand zu realisieren, sind die Bestellmenge und die Bestellschwelle von der Maschine 7 und der Maschine 23 sehr wichtige beeinflus-

sende Faktoren, die festzulegen sind. Die Zusammenhänge der Größen Produktionsmenge oder Durchlaufzeit in Abhängigkeit von Bestellschwelle und Bestellmenge sind deswegen wichtig für die Entscheidungsfindung für bessere Ergebnisse.

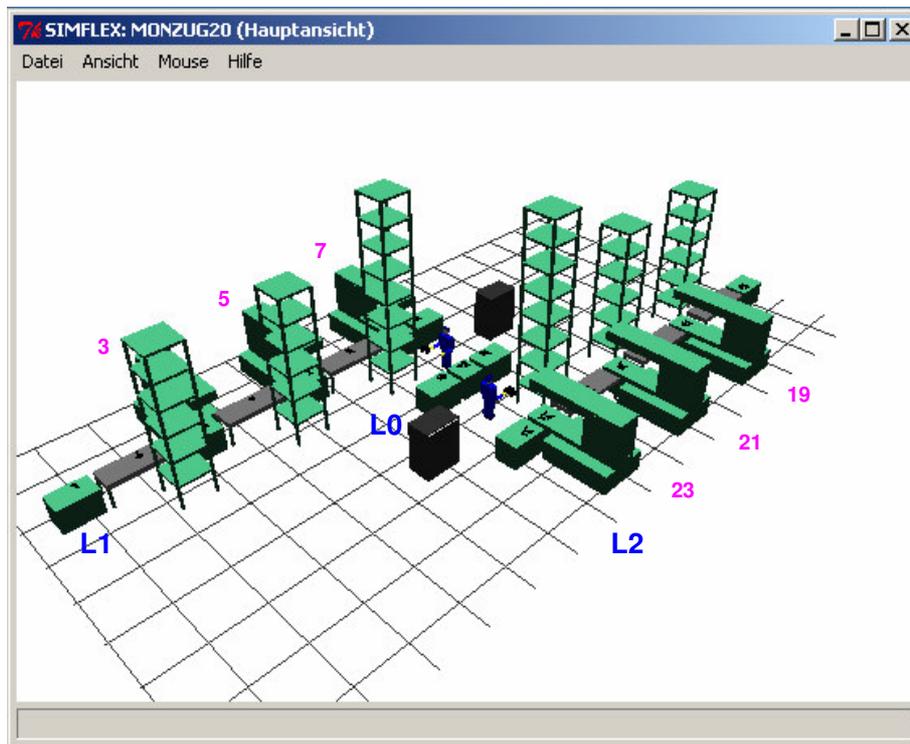


Abbildung 5.1: Simulationsmodell

Die Laufzeit des Simulationsmodells wurde mit 48 Stunden angesetzt. Alle in diesem Beispiel zu analysierenden Betriebsdaten wurden am Ende des Durchlaufs dieses Modells entnommen. Wegen der riesigen Menge der Betriebsdaten wird nur ein Teil in der Tabelle 5.1 gezeigt. Die in dieser Tabelle aufgenommenen Daten sind: die Auslastung von L0 (Ausl_L0), die Belegung von L1 (Beleg_L1), die Belegung von L2 (Beleg_L2), die Störung von Maschine 5 (Stoer_S1), die Durchlaufzeit vom Arbeitsplan A110 (DLZ_A110), die Produktionsmenge vom Arbeitsplan A110 (Anz_A110), die Bestellschwelle und die Bestellmenge von der Maschine 7 und der Maschine 23.

Ausl_L0	Beleg_L1	Beleg_L2	Stoer_S1	DLZ_A110	Anz_A110	Bestellschwelle	Bestellmenge
70	0,86	0,85	24,6	22,95	129	1	2
74,54	0,87	0,9	24,89	21,4	136	1	7
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	1	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	2	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	3	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	4	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	5	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	6	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	7	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	8	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	9	1
70,42	0,88	0,86	24,75	22,49	131	10	1
73,53	0,88	0,89	24,47	21,82	134	1	6
71,69	0,89	0,86	24,72	22,67	133	1	3
74,54	0,9	0,88	24,62	21,29	136	1	9
74,54	0,9	0,88	24,68	21,03	136	1	4
75,36	0,9	0,89	24,62	21,68	137	1	5
74,06	0,9	0,89	24,7	21,15	135	2	2
76,91	0,9	0,9	24,8	20,73	139	1	10
75,96	0,91	0,88	24,4	20,76	137	1	8
76,76	0,91	0,91	24,43	21,16	139	2	3
76,52	0,91	0,91	24,55	20,52	138	4	2
76,15	0,91	0,91	24,57	20,09	137	5	2
80,38	0,91	0,95	24,24	20,19	146	2	60
80,62	0,91	0,96	24,38	20,06	147	2	30
75,42	0,92	0,89	24,59	20,55	137	3	2
78,61	0,92	0,92	24,49	20,44	142	2	4
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	6	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	7	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	8	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	9	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	10	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	15	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	20	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	25	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	30	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	35	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	40	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	45	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	50	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	60	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	70	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	80	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	90	2
77,31	0,92	0,92	24,74	19,96	140	100	2
79,41	0,92	0,93	24,64	19,78	144	2	8
81,02	0,92	0,95	24,52	19,77	147	2	20
81,38	0,92	0,95	24,76	20,12	147	4	3
81,42	0,92	0,96	24,09	19,47	147	2	10
81,64	0,92	0,96	24,66	19,61	148	3	5
82,3	0,92	0,96	24,7	19,18	148	2	15
79,02	0,93	0,92	24,62	20,43	144	3	3
80,3	0,93	0,93	24,52	19,53	146	2	7
80,82	0,93	0,94	24,43	19,51	147	3	4
80,48	0,93	0,94	24,45	19,41	146	2	9

Tabelle 5.1: Betriebsdaten des Simulationsmodells

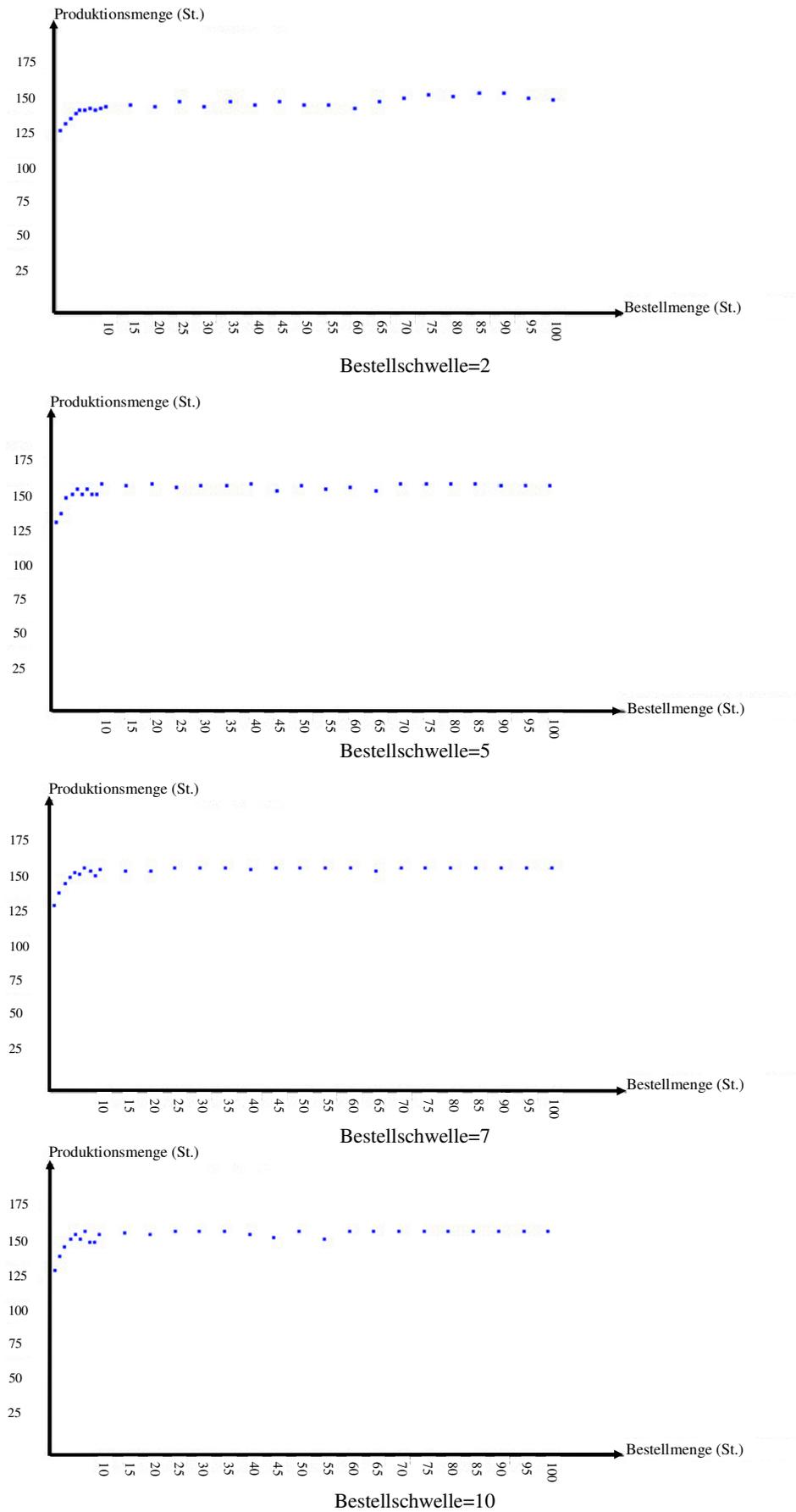


Abbildung 5.2: Produktionsmenge und Bestellmenge

Zuerst haben wir den Zusammenhang zwischen der Produktionsmenge vom Arbeitsplan A110 und der Bestellmenge von der Maschine 7 und der Maschine 23 ermittelt. In der Abbildung 5.2 wurden vier Punktestreubilder gezeigt, wobei die Bestellschwelle von der Maschine 7 und der Maschine 23 jeweils auf 2, 5, 7 und 10 gesetzt wurde. Nach der Streuung der Punkte ist es klar, wenn wir hier direkt mit der linearen Funktion, der exponentiellen Funktion oder der quadratischen Funktion die Daten analysieren, ist das Regressionsergebnis sehr unpräzise. Aber nach der Besonderheit der Punktestreuung können wir segmentweise die Regression durchführen. Die Produktionsmenge vom Arbeitsplan A110 hat sich beachtlich mit der Steigerung der Bestellmenge von der Maschine 7 und der Maschine 23 geändert, als die Bestellmenge zwischen 0 bis 10 geändert wurde. Als die Bestellmenge größer als 10 war, brachte ihre Erhöhung zwar eine Schwankung der Produktionsmenge, die aber nicht auffällig war. Als Beispiel haben wir den Zusammenhang von der Produktionsmenge und der Bestellmenge bei *Bestellschwelle* = 2 ermittelt. Die Skala der Bestellmenge wurde in zwei Teile geteilt, nämlich $0 \leq \text{Bestellmenge} \leq 10$ und $\text{Bestellmenge} \geq 10$. Die Ergebnisse werden in der Abbildung 5.3 gezeigt.

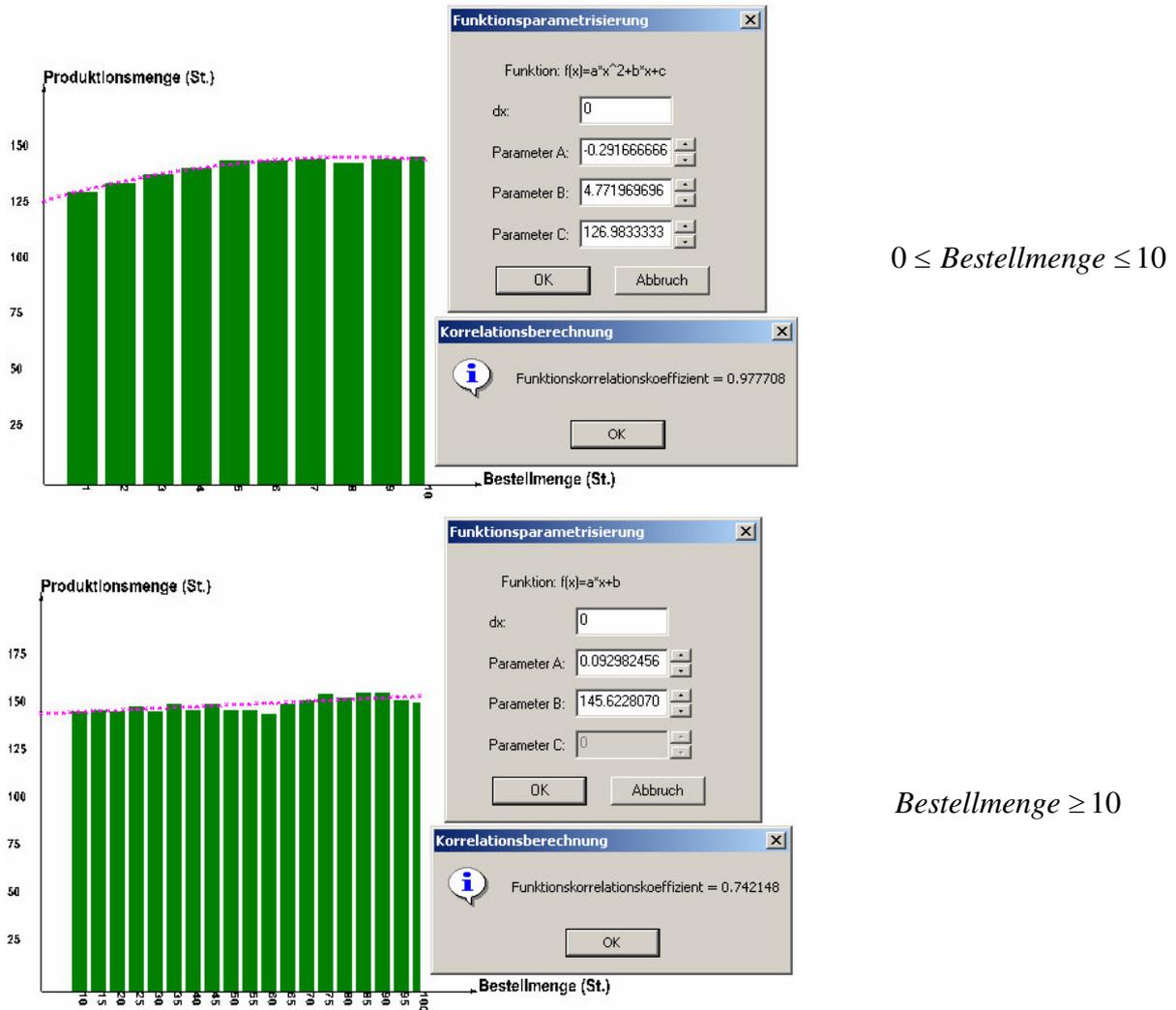


Abbildung 5.3: Regressionsergebnisse bei Bestellschwelle=2

Durch die Regression ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Falls sich die Bestellmenge von der Maschine 7 und der Maschine 23 in der Skala 0 bis 10 ändert, soll der Zusammenhang von der Produktionsmenge des Arbeitsplans A110 und der Bestellmenge mit der Funktion

$$y = -0.2917x^2 + 4.7720x + 126.9833$$

übereinstimmen. Diese Funktion ist das Ergebnis der Regression mit der quadratischen Funktion (vgl. Formel 4.5), und bei der Berechnung der Regressionskoeffizienten wurden Formel 4.6, 4.7 und 4.8 benutzt. Die Regressionskoeffizienten -0.2917 und 4.7720 bedeuten, dass in diesem Bereich die Bestellmenge einer sehr wichtiger Einflussfaktor ist. Mit der Formel 4.12 wurde der Korre-

tionskoeffizient berechnet, und er ist gleich 0.9777. Das Regressionsergebnis ist sehr präzise. In diesem Bereich steigt die Produktionsmenge sichtlich mit der Erhöhung der Bestellmenge.

- Wenn die Bestellmenge der Maschine 7 und der Maschine 23 sich im Bereich $Bestellmenge \geq 10$ ändert, ergibt sich eine relativ genaue lineare Regressionsfunktion (vgl. Formel 4.2, 4.3 und 4.4):

$$y = 0.093x + 145.6228$$

Der Korrelationskoeffizient wurde mit der Formel 4.1 berechnet, und er ist gleich 0.7421. Der Regressionskoeffizient 0.093 bedeutet, dass die Änderung der Bestellmenge die Produktionsmenge in diesem Bereich kaum beeinflussen kann, und die Produktionsmenge hat nur eine geringe Steigerung mit der Erhöhung der Bestellmenge. Eine zu hohe Bestellmenge bringt nur minimale Vermehrung der Produktionsmenge, aber einen großen Bedarf von Pufferplätzen (in diesem Simulationsmodell als Regale dargestellt) für die Maschine 7 und die Maschine 23. Außerdem würde sich eine große Menge von Teilen vor den beiden Maschinen anhäufen, um auf die Bearbeitung zu warten. Das wäre sehr unökonomisch.

Wenn für die Bestellschwelle ein anderer Wert angenommen wird, ist der Umstand ähnlich wie bei $Bestellschwelle = 2$. Deshalb haben wir eine Folgerung gezogen: der Bestellmenge von der Maschine 7 und der Maschine 23 soll einen Wert zwischen 0 bis 10 ausmachen.

Bei der Analyse des Zusammenhangs von der Produktionsmenge vom Arbeitsplan A110 und der Bestellschwelle von der Maschine 7 und der Maschine 23 haben wir beobachtet, dass die in der Abbildung 5.4 gezeigten Punktestreuungen sehr ähnlich wie die in der Abbildung 5.3 gezeigten waren. Deshalb wurde die gleiche Methode benutzt, um einen Zusammenhang zu finden. Das Ergebnis war ähnlich wie die Analyse für den Zusammenhang zwischen der Produktionsmenge und der Bestellmenge.

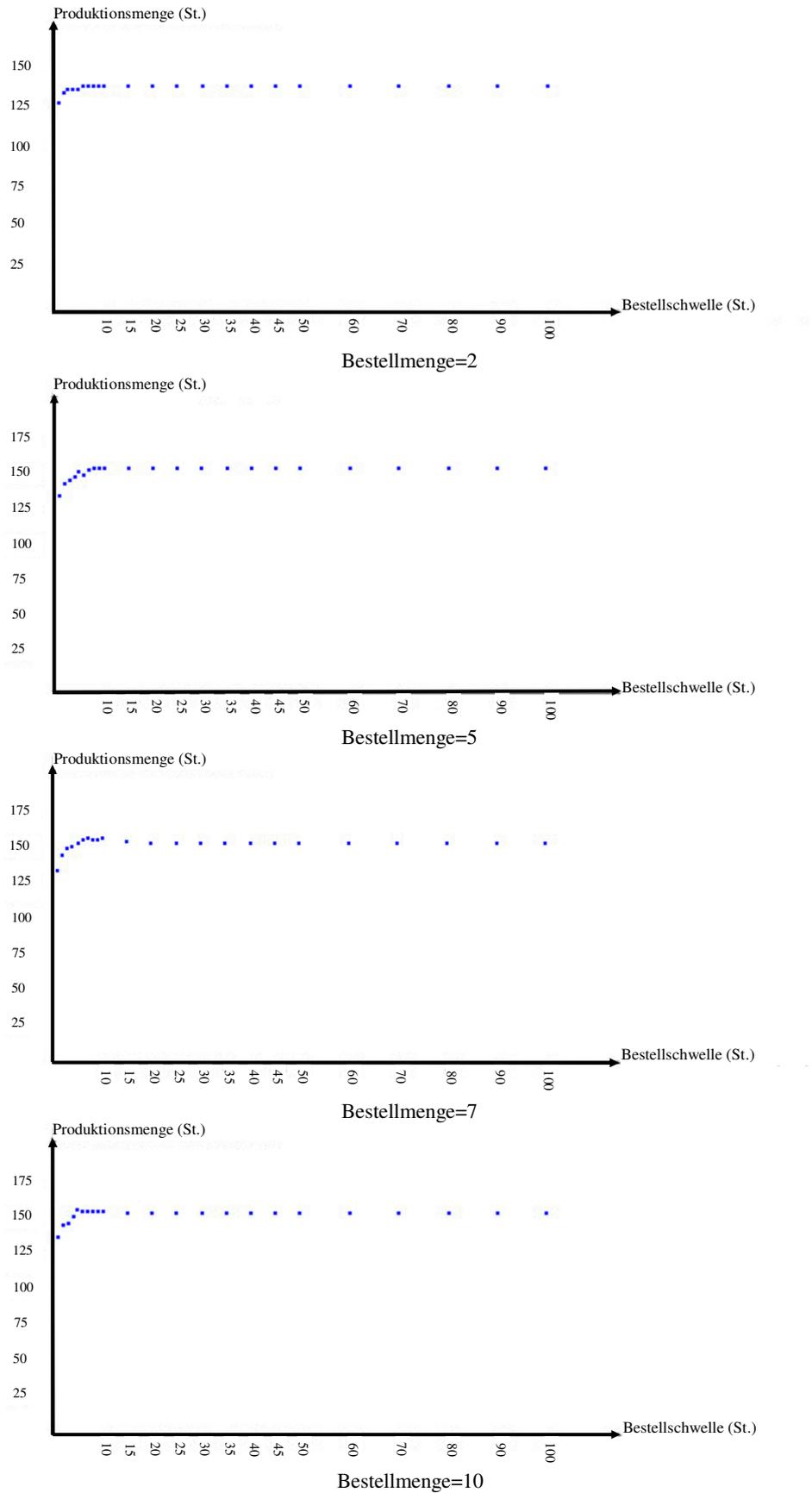


Abbildung 5.4: Produktionsmenge und Bestellschwelle

Hier haben wir den Vorgang der Analyse ausgelassen und direkt die Folgerung gezogen:

- Im Bereich 0 bis 10 beeinflusst die Bestellschwelle die Produktionsmenge;
- Wenn die Bestellschwelle sich im Bereich $Bestellschwelle \geq 10$ ändert, dann ist diese Änderung fast ohne Einfluss auf der Produktionsmenge.

Nach der Festlegung der Skala der Bestellmenge und der Bestellschwelle von der Maschine 7 und der Maschine 23 ist es sehr leicht, die Bestellmenge und Bestellschwelle festzulegen, um die Produktionsmenge des Arbeitsplans A110 zu maximieren. Es ist deutlich, dass die Bestellmenge und die Bestellschwelle in der Skala 0 bis 10 gewählt werden sollten. Die Abbildung 5.5 zeigt alle Produktionsmengen in dieser Skala. Drei grüne Punkte zeigen das Maximum der Produktionsmenge, und zwar die Bestellmenge=7 und die Bestellschwelle=7, die Bestellmenge=7 und die Bestellschwelle=10, die Bestellmenge=10 und die Bestellschwelle=5.

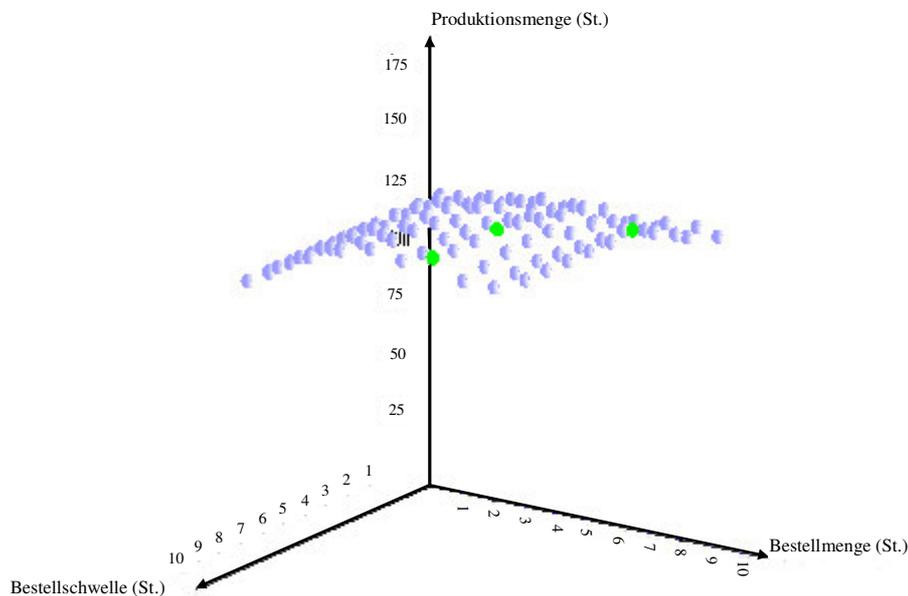


Abbildung 5.5: Produktionsmenge, Bestellmenge und Bestellschwelle

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung

In heutiger Zeit haben fast alle modernen Unternehmen eigene auf Computer basierende Informationssysteme, um ihre betrieblichen Informationen effizienter zu speichern, zu verwalten und anzuwenden. Immer mehr betriebliche Informationssysteme haben entweder unterschiedliche Entscheidungsunterstützungssysteme integriert oder bieten die Funktionen solcher Systeme an, um die Entscheidungsfindung des Entscheidungsträgers zu unterstützen. In dieser Arbeit zeigt Kapitel 1 die Probleme des heutigen Entscheidungsunterstützungssystems und die Ziele, die erreicht werden sollen.

In der Geschichte des Entscheidungsunterstützungssystems gibt es verschiedene Entwicklungsphasen. Jede hat ihre eigene Besonderheit. Im Kapitel 2.1 werden alle Entwicklungsphasen des Entscheidungsunterstützungssystems vorgestellt. Ein solches System ist sehr kompliziert, es tangiert viele fachliche Theorien und Technologien. Im Kapitel 2.2 werden alle in diesem Entscheidungsunterstützungssystem benutzten Theorien und Technologien beschrieben. Da dieses System ein auf der Computertechnologie basierendes Softwaresystem ist, werden die in dieser Arbeit angewendeten Informationstechnologien besonders ausführlich in diesem Kapitel vorgestellt.

Das modellierte Management ist eine wichtige Eigenschaft des modernen Unternehmens. Managementleistung ist durch die Unternehmensmodellierung merklich gestiegen. Die Unternehmensmodellierung ermöglicht die Strukturierung und Zusammensetzung von Lösungen in der Betriebsorganisation auf einer abstrakten, logischen und technischen Ebene. Die Anwendungen von CIM sind im Produktionsbereich sehr erfolgreich. Jedes Unternehmen hat seine eigene Modellierungsmethode. Im Kapitel 3.1 und 3.2 werden die Betriebsorganisation und einige bekannte erfolgreiche CIM-Modelle und Unternehmensmodelle beschrieben und ihre Vorteile und Nachteile diskutiert. Als ein Schwerpunkt wird die REFA-OSA in dieser Arbeit beschrieben. We-

gen seiner Vorteile wird das REFA-OSA-Modell als Basis dieses Entscheidungsunterstützungssystems angewendet. Das Entscheidungsunterstützungssystem arbeitet auf zwei Ebenen, nämlich auf der Ebene der Auskunft und auf der Ebene der Entscheidung. Beide gehören zur Standardprozesskette des REFA-OSA-Konzepts. Es kann nicht nur selbständig arbeiten, in dem es dem Entscheidungsträger bei der Entscheidungsfindung hilft, sondern kann auch mit anderen Werkzeugen von AIBAS – ein betriebliches Anwendungssystem – zusammenarbeiten. Im Kapitel 3.3 werden AIBAS und dessen Ideen, Werkzeuge und Arbeitsweise kurz vorgestellt.

Wegen der Globalisierung der Ökonomie wird die Konkurrenz immer stärker. Es ist sehr wichtig für Unternehmensmanager, rechtzeitig die richtige Entscheidung zu treffen. Angesichts der großen Menge der täglich erzeugten betrieblichen Informationen ist es fast unmöglich, nur durch die grobe Einschätzung des Managers die richtige Entscheidung zu finden. Zielsetzung dieser Arbeit ist der Aufbau eines offenen, auf dem REFA-OSA-Konzept basierenden modellierten Entscheidungsunterstützungssystems, um wichtige Betriebsdaten zu entnehmen und zu analysieren und um die Entscheidungsfindung der Unternehmensmanager zu unterstützen. Im Kapitel 4 werden der Zweck, die Eigenschaft, der zu ermittelnde Gegenstand, die angewendete mathematische und statistische Methode und die Ableitung der Formeln, die Erstellung des Analysemodells und die Vorgänge der Analyse, die lokale Anwendung und die Internet/Intranet-Anwendung dieses Entscheidungsunterstützungssystems ausführlich beschrieben.

Nach dem REFA-OSA-Konzept sind die Aufgaben eines Entscheidungsunterstützungssystems im Produktionsunternehmen sehr vielschichtig und schwer abgrenzbar. Die Abbildung 3.8 zeigt Standardprozessketten in mehreren Ebenen. Alle in den Standardprozessketten dargestellten Abteilungen haben Auskunfts- und Entscheidungsaufgaben zu lösen. Am häufigsten wird das Entscheidungsunterstützungssystem im Vertrieb, der Fertigung, der Beschaffung/Lagerung, der Qualitätssicherung und manchmal der Entwicklung benutzt. Im Kapitel 5 wird ein Fallbeispiel gegeben.

Zusammengefasst kann der Benutzer mit diesem Entscheidungsunterstützungssystem ohne Programmierung seine Betriebsdaten verdichten, überwachen und analysieren. Dadurch kann der Benutzer wichtige Informationen entnehmen, die Diagnose der aktuellen Situation und die Prognose entweder am lokalen Computer oder durch das Internet/Intranet durchführen. Mittels des Systems kann der Entscheidungsträger die richtige Entscheidung schneller und genauer treffen. Die gesetzten Ziele dieser Arbeit werden damit erreicht.

6.2 Ausblick

Nach der heutigen Entwicklungssituation des Entscheidungsunterstützungssystems und der Informationstechnologie soll das System in folgenden Aspekten verbessert und weiterentwickelt werden:

- mannigfaltigere Analysefunktionen
- komplette WWW-Basis
- integriertes Expertensystem

Bei der Analyse der Betriebsdaten werden in dieser Arbeit drei im kaufmännischen oder produktionsorientierten Bereich am häufigsten benutzte Analysefunktionen, nämlich lineare Funktion, exponentielle Funktion und quadratische Funktion angeboten. Jedoch können sie nicht alle Zusammenhänge zwischen den Daten beschreiben. Um die Zusammenhänge zwischen den Daten im größeren Umfang genauer zu analysieren, sind mehrere Analysefunktionen nötig. Wegen der modellierten Programmstruktur ist dieser Teil im System einfach erweiterbar. Man kann nach eigenem Bedarf sehr leicht eine neue Analysefunktion einfügen, ohne große Änderung des ganzen Systems.

Wegen der rapiden Entwicklung der Netzwerktechnik und der Web-Technik wird es immer populärer für Unternehmen, alle Geschäfte mit WWW durchzuführen. In dieser Arbeit wird die Internet/Intranet-Funktion teilweise mit WWW realisiert. Das heißt, der Benutzer kann zwar mit WWW sein Analysemodell benutzen, aber die Erstellung des Analysemodells kann noch nicht im Webbrowser durchgeführt werden. In der na-

hen Zukunft soll ein völlig auf WWW basierendes Entscheidungsunterstützungssystem weiterentwickelt werden.

Expertensysteme sind eine spezielle Ausprägung wissensbasierter Systeme, die selbst eine wichtige Anwendung innerhalb der künstlichen Intelligenz darstellen. [Vajna/Schlingensiepen, 1990] Expertensysteme sollen die Aufgaben qualifizierter Spezialisten übernehmen, indem im System das bereits vorhandene Wissen von Experten abgebildet wird. Im Produktionsbereich spielen Expertensysteme eine wichtige Rolle bei der Realisierung von CIM. Wenn in diesem Entscheidungsunterstützungssystem ein Expertensystem integriert wird, werden Benutzer bei der Entscheidung mehr Unterstützung bekommen. So steigt die Trefferquote der Richtigkeit und Genauigkeit der Entscheidung.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Die Entscheidungsrückkopplung	8
Abbildung 2.1: Datenvolumen OLAP.....	21
Abbildung 2.2: Ein Data-Warehouse-System	23
Abbildung 2.3: Drei Datenbankschnittstellen	43
Abbildung 2.4: Arbeitsschritte mit SQL bei der Abfrage	44
Abbildung 2.5: Statische SQL und dynamische SQL im Programm	45
Abbildung 2.6: Überblick über die ODBC-Architektur.....	48
Abbildung 2.7: Evolution von COM/COM+	56
Abbildung 2.8: Von COM zu COM+.....	57
Abbildung 2.9: Ablauf einer ASP-Anfrage.....	63
Abbildung 3.1: Betriebsstruktur und Organisationsebenen	65
Abbildung 3.2: Betriebsorganisationsteilgebiete	66
Abbildung 3.3: Das CIM-Y-Modell.....	70
Abbildung 3.4: CIM-OSA-Architektur	71
Abbildung 3.5: Aufgaben und Funktionen im REFA-OSA-Modell	75
Abbildung 3.6: CIM im Unternehmensmodell	77
Abbildung 3.7: REFA-Standardprozesskette	78
Abbildung 3.8: Beispielsmodell eines mittelständigen Betriebs.....	80
Abbildung 3.9: Hauptarbeitsweg der Entwicklung einer AIBAS-Anwendung	93
Abbildung 4.1: EUS betreffende Ebene in der REFA-Standardprozesskette	95
Abbildung 4.2: Linearer Zusammenhang.....	106
Abbildung 4.3: Das Entscheidungsunterstützungswerkzeug und Menschen.....	119
Abbildung 4.4: Der Definitionsassistent	121
Abbildung 4.5: Definition der Kenngröße	122
Abbildung 4.6: Kenngrößenzuordnung.....	123
Abbildung 4.7: Der Definitionsdialog des Filters	125
Abbildung 4.8: Der Definitionsdialog der Bedingung	126
Abbildung 4.9: Der Definitionsdialog der Graphik.....	127
Abbildung 4.10: Die Grafikenster.....	129
Abbildung 4.11: Das Menü „Diagnose“	130
Abbildung 4.12: Der Grafiktyp	131
Abbildung 4.13: Der Umschlagwert und die Grafikfarbe.....	131

Abbildung 4.14: Der Funktionstyp.....	132
Abbildung 4.15: Regressionskoeffizienten einer exponentiellen Funktion in 2D	133
Abbildung 4.16: Regressionskoeffizienten einer quadratischen Funktion in 3D.....	133
Abbildung 4.17: Der Korrelationskoeffizient	134
Abbildung 4.18: Die Definition der Warnintervalle	134
Abbildung 4.19: Eine Grafik mit der Krümmung und den Warnintervallen	136
Abbildung 4.20: 3 Schritte in der Internet/Intranet-Anwendung	139
Abbildung 4.21: Internet/Intranet-Anwendung des Systems	140
Abbildung 5.1: Simulationsmodell	144
Abbildung 5.2: Produktionsmenge und Bestellmenge	146
Abbildung 5.3: Regressionsergebnisse bei Bestellschwelle=2	148
Abbildung 5.4: Produktionsmenge und Bestellschwelle.....	150
Abbildung 5.5: Produktionsmenge, Bestellmenge und Bestellschwelle.....	151

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: 10 Rolle von Managern.....	3
Tabelle 3.1: Funktionen der Subbereiche und Abteilungen eines Betriebs.....	81
Tabelle 4.1: Beispiel einiger Kennzahlen und deren möglichen Zusammenhängen.....	104
Tabelle 4.2: Die Erklärung der Abkürzungen von der Tabelle 4.1	105
Tabelle 5.1: Betriebsdaten des Simulationsmodells.....	145

Formelverzeichnis

Formel 4.1: Korrelationskoeffizient der Regression mit der linearen Funktion	107
Formel 4.2: Lineare Funktion.....	107
Formel 4.3: Regressionskoeffizient a der linearen Regression.....	108
Formel 4.4: Regressionskoeffizient b der linearen Regression.....	108
Formel 4.5: Quadratische Funktion.....	109
Formel 4.6: Regressionskoeffizient b der quadratischen Funktion	109
Formel 4.7: Regressionskoeffizient a der quadratischen Funktion	109
Formel 4.8: Regressionskoeffizient c der quadratischen Funktion	109
Formel 4.9: Exponentielle Funktion.....	110
Formel 4.10: Regressionskoeffizient a der exponentiellen Funktion.....	110
Formel 4.11: Regressionskoeffizient b der exponentiellen Funktion.....	110
Formel 4.12: Korrelationskoeffizient der quadratischen oder exponentiellen Regression	111
Formel 4.13: Lineare Funktion von 2 Variablen.....	111
Formel 4.14: Exponentielle Funktion von 2 Variablen.....	111
Formel 4.15: Quadratische Funktion von 2 Variablen.....	112
Formel 4.16: Regressionskoeffizient a der linearen Funktion von 2 Variablen	114
Formel 4.17: Regressionskoeffizient b der linearen Funktion von 2 Variablen	114
Formel 4.18: Regressionskoeffizient c der linearen Funktion von 2 Variablen.....	114
Formel 4.19: Regressionskoeffizient a der exponentiellen Funktion von 2 Variablen.....	114
Formel 4.20: Regressionskoeffizient b der exponentiellen Funktion von 2 Variablen.....	114
Formel 4.21: Regressionskoeffizient c der exponentiellen Funktion von 2 Variablen	114
Formel 4.22: Regressionskoeffizient e der quadratischen Funktion von 2 Variablen	116
Formel 4.23: Regressionskoeffizient d der quadratischen Funktion von 2 Variablen	116
Formel 4.24: Regressionskoeffizient c der quadratischen Funktion von 2 Variablen	117
Formel 4.25: Regressionskoeffizient b der quadratischen Funktion von 2 Variablen	117
Formel 4.26: Regressionskoeffizient a der quadratischen Funktion von 2 Variablen	117
Formel 4.27: Regressionskoeffizient f der quadratischen Funktion von 2 Variablen	117

Literaturverzeichnis

- [Astrahan, 1976] Astrahan, M. M. et al.
System R : A relational approach to data management.
ACM Transactions on Database Systems, 1976.
- [Astrahan, 1979] Astrahan, M. M. et al.
System R : A relational database system.
Computer 12, 1979.
- [AWF, 1985] Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung e.V.
Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion: Computer Integrated Manufacturing --- Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen.
Empfehlung, Eschborn, 1985.
- [Berg/Kuhlmann, 1993] Berg, E. und Kuhlmann, F.
Systemanalyse und Simulation.
Ulmer Verlag, Stuttgart, 1993.
- [Bhargava/Krishnan, 1998] Bhargava, H. K. and Krishnan, R.
The World Wide Web: Opportunities for Operations Research and Management Science.
INFORMS Journal on Computing, 1998.
- [Bhargava/Power, 2001] Bhargava, H. and Power D. J.
Decision Support Systems and Web Technologies: A Status Report.
Proceedings of the 2001 Americas Conference on Information Systems, Boston, MA, August, 2001.
- [Böhnke/Johannes, 1997] Jana Böhnke, Hermann Johannes
ODBC. Optimaler Einsatz im Client/Server-Umfeld.
Addison-Wesley, München, 1997.

-
- [Burggraf, 2003] Lorenz Burggraf
Jetzt lerne ich OpenGL. Der einfache Einstieg in die Schnittstellenprogrammierung.
Markt + Technik, 2003.
- [Bürkeler, 1997] Bürkeler, A.
Kennzahlensystem als Führungsinstrument.
Zürich, 1997.
- [CIBO, 1993] REFA
Computerintegrierte Betriebsorganisation.
Calr Hanser Verlag, München, 1993.
- [Computerwoche, 1996] Amerikanische IT-Experten kritisieren Management.
Computerwoche 34/96.
- [Councill/Heineman, 2001] William T. Councill, George T. Heineman
Component-Based Software Engineering.
Addison-Wesley, 2001.
- [Domschke/Drexl, 2002] Domschke, W. und Drexl, A.
Einführung in Operations Research, 5. Aufl.
Berlin, 2002.
- [Eddon, 1999] Guy Eddon und Henry Eddon
Inside COM+ Base Services.
Microsoft Press, 1999.
- [Egger/Fiechter/Kramer/Sawicki/Straub/Weber, 2006] Norbert Egger, Jean-Marie Fiechter, Sebastian Kramer, Ralf Patrick Sawicki, Peter Straub, Stephan Weber
SAP Business Intelligence.
SAP Press, 2006.

- [Fourer/Goux, 2001] Fourer, R. and Goux, J.
Optimization as an Internet Resource.
Interfaces, March-April, 2001.
- [Geitner, 1991] Geitner, U. W.
Betriebsinformatik für Produktionsbetriebe, Band 5.
Hanser, München, 1991.
- [Geitner, 1991] Geitner, U. W.
Das CIM-Handbuch.
Vieweg, Braunschweig, 1991.
- [Geitner, 1993] Geitner, U.W.
Betriebsinformatik für Produktionsbetriebe, Band 1, Band 2,
Band 3.
Hanser, München, 1993.
- [Geitner, 1997] Geitner U. W.
Betriebsinformatik für Produktionsbetriebe, Teil 5.
Carl Hanser Verlag, München, 1997.
- [Geitner/Dippel, 1997] Geitner U. W. und Dippel, Michael
PPS ohne Bauchschmerzen
Verlag für Wissenschaft und Forschung, 1997.
- [Gladen, 2001] Gladen, W.
Kennzahlen und Berichtssysteme.
Wiesbaden, 2001.
- [Gutenberg, 1962] Erich Gutenberg
Unternehmensführung - Organisation und Entscheidungen.
Wiesbaden, 1962.

-
- [Hansen, 1992] Hansen, H. R.
Wirtschaftsinformatik I, 6. Auflage,
Gustav Fischer, 1992.
- [Harrington, 1973] Harrington, J.
Computer Integrated Manufacturing.
New York, 1973.
- [Heyland, 1991] Heyland, K. U.
Integrierte Pflanzenproduktion.
Ulmer Verlag, Stuttgart, 1991.
- [Homburg, 1991] Homburg, C.
Modellgestützte Unternehmensplanung.
Gabler, Wiesbaden, 1991.
- [Jost, 1993] Jost, W.
EDV-gestützte CIM-Rahmenplanung.
Gabler, Wiesbaden, 1993.
- [Kallrath/Wilson, 1997] Kallrath, J. und Wilson, J. M.
Business Optimisation.
London, 1997.
- [Kenn/Morton, 1978] Keen, P. G. W. und Morton, M. S. S.
Decision Support Systems: An Organizational Perspective.
Reading, MA: Addison-Wesley, Inc., 1978.
- [Kirtland, 1998] Mary Kirtland
COM+: Eine neue Umgebung für Komponenten.
Microsoft System Journal, März/April 1998.
- [Kuhlmann, 1973] Kuhlmann, F.

- Zur Verwendung des Systemtheoretischen Simulationsansatzes für die betriebswirtschaftliche Forschung.
Agrarwirtschaft, 1973.
- [Meyer, 2006] Klaus Meyer
Betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Kennzahlen-Systeme.
Verlag Wissenschaft & Praxis
Dr. Brauner GmbH, 2006.
- [Möllmann, 1994] Möllmann, S.
Widerstände bei der FIS-Einführung.
Schmidt, Berlin 1994.
- [Neumann, 1996] Karl Neumann
Datenbanktechnik für Anwender.
Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1996.
- [Pense, 1990] Pense, R.
CIM-OSA - Ein herstellerunabhängiges CIM-Konzept.
DIN-Mitteilungen, Band 69, 1990.
- [Powell, 2001] Powell, R.
DM Review: A 10 Year Journey.
DM Review, February 2001.
<http://www.dmreview.com>.
- [Power, 1998] Power, D. J.
Web-based Decision Support Systems.
DSstar. The On-Line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support. August, 1998.
- [Power, 2000] Power, D. J.

- Web-Based and Model-Driven Decision Support Systems:
Concepts and Issues.
Proceedings of the 2000 Americas Conference on Informa-
tion Systems, Long Beach, California, August, 2000.
- [Reinhardt, 1977] Reinhardt, A.
SIMFLEX – Ein Softwaresystem zur interaktiven graphi-
schen Erstellung und Steuerung von Modellen flexibler Fer-
tigungssysteme
in: Informatik-Fachberichte, Band 11, Springer Verlag, Ber-
lin, 1977
- [Richard/Wright/Lipchak, 2005] Richard S., Wright Jr. und Benjamin Lipchak
OpenGL Superbible, Third Edition.
Sams Publishing, 2005.
- [Sachs, 1992] Lothar Sachs
Angewandte Statistik.
Springer-Verlag, 1992.
- [Scheer, 1990] Scheer, A.-W.
CIM-Strategie als Teil der Unternehmensstrategie.
Springer, Berlin, 1990.
- [Schober, 2006] Andrea Schober
Die Business Community als CRM-Instrument unter beson-
derer Berücksichtigung von Business Intelligence Technolo-
gien.
Berlin, 2006.
- [Sprague, 1980] Sprague, R, H., Jr.
A Framework for the Development of Decision Support Sys-
tems.

- Management Information Systems Quarterly, vol. 4, no. 4,
Dec. 1980.
- [Sprague/Carlson, 1982] Sprague, R. H., Jr. and Carlson, E. D.
Building Effective Decision Support Systems.
Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1982.
- [Steffen/Born, 1987] Steffen, G. und Born, D.
Betriebs- und Unternehmensführung in der Landwirtschaft.
Ulmer Verlag, Stuttgart, 1987.
- [Steinmann, 1992] Steinmann, D.
Einsatzmöglichkeiten von Expertensystemen in integrierten
Systemen der Produktionsplanung und –steuerung.
Physica, Heidelberg, 1992.
- [Steinmann/Schreyögg, 2000] Horst Steinmann und Georg Schreyögg
Management, 5. Aufl..
Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2000.
- [Vajna/Schlingensiepen, 1990] Vajna, S. und Schlingensiepen, J.
CIM Lexikon.
Vieweg, 1990.
- [Weigert, 1999] Martin Weigert
Betriebswirtschaft, Statistik, Wirtschaftsrecht.
Oldenbourg, 1999.
- [Zwintzsch, 2005] Olaf Zwintzsch
Software-Komponenten im Überblick. Einführung, Klassifi-
zierung & Vergleich von JavaBeans, EJB, COM+, Net,
CORBA, UML 2. W3L.
Herdecke, 2005.