Heuristische Methoden in der betriebswirtschaftlichen Optimierung unter besonderer Berücksichtigung der österreichischen Gesundheitsindustrie

eingereicht von: Bernhard Kanduth

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Magister rerum sozialium oeconomicariumque

Sozial- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

der Universität Wien

Studienrichtung: Betriebs- und Wirtschaftsinformatik

Studienzweig: Betriebsinformatik

Betreuung: O.Univ.-Prof. Dr Wilfried Grossmann

Wien, im September 1992

Vorwort

Die betriebswirtschaftliche Optimierung hat sich in den letzten Jahrzehnten in einem Maß entwickelt, das nur mit den Entwicklungen in den Informationswissenschaften verglichen werden kann. Gerade diesen ist es auch zu verdanken, daß moderne Methoden und explorative Ansätze in eine Disziplin Einzug gefunden haben, die sich in ihrem Selbstverständnis seit jeher als Wissenschaft versteht. Der Nutzen der Informations- und Kommunikationstechnologie wurde natürlich auch - oder vielleicht sogar in besonderem Maß - von einem Anwenderkreis, der es gewohnt ist in Zahlen zu denken, erkannt und bereitwillig aufgenommen. Nur leider etwas spät.
Betriebswirtschaftliche Optimierung fand natürlich auch schon in der Vor-´*von Neumann*´-Zeit statt, weshalb zahlreiche Ansätze noch auf ihre Implementierung warten. Andererseits bieten Anwendersoftware und Entwicklungsumgebungen auf verschiedenen Gebieten der Optimierung ein reiches Spektrum an Nutzungsmöglichkeiten. Typischerweise sind die meisten dieser Anwendungen auf Problemstellungen beschränkt, die ihre Nähe zu den technischen Disziplinen nicht verleugnen können. Es ist, wie so oft, eine Staffelung der Entwicklungsverbreitung zu bemerken, die von strategischen (um nicht zu sagen militärischen) Verwendungszwecken zu Verwendungen in der technisch industriellen Ablaufplanung und schließlich auch zu wirtschaftlichen führt.

Gerade die moderne betriebswirtschaftliche Forschung stellt das Marketing, als integrative Funktion, stark in den Vordergrund. Der Nimbus, der den dafür Verantwortlichen anhaftet, entstand nicht zuletzt daraus, daß die Basis ihrer Entscheidung oft nur schwer nachvollziehbar ist. Ob die meisten der Marketingverantwortlichen nun Daumenregeln anwenden, oder einem definierten Konzept folgen, sei dahingestellt. Fest steht, daß ein Berufszweig, der sich mit einem hohen Maß an Charisma umgibt, nur schwer von der Notwendigkeit einer strategischen und transparenten Vorgangsweise zu überzeugen ist. Vor allem die Instrumentierung einer nüchternen Kalkulation läßt sich daher nur schwer in einer Marketingabteilung etablieren. Die Vorstellung, daß die charismatische Persönlichkeit des Marketingverantwortlichen von einer Rechenmaschine verdrängt wird, ist natürlich nicht realistisch. Aber genauso gefährlich wie das blinde Vertrauen in ein Modell, das ja nur Teile der Wirklichkeit wiedergeben kann (und das oft falsch), ist das kritiklose Akzeptieren von Intuition und Erfahrungsschatz.

Besonders schwierig stellt sich die Lage in der Gesundheitsindustrie dar. Ein einerseits sehr junger Markt, steht andererseits Beschränkungen und Auflagen gegenüber, die nur schwer mit der Situation in anderen Wirtschaftszweigen zu vergleichen sind. Damit soll keine Ausrede geschaffen werden, um die teilweise rückständigen Praktiken im Gesundheitsmarketing - und hier speziell im Pharmamarketing - zu erklären, aber es rechtfertigt eine gewisse kritische Haltung gegenüber Verfahren aus anderen, weit entfernten Sparten.
Diese Arbeit wendet sich auch gegen die Scheu vor dem vorerst Unverständlichen und Neuen einerseits und die elitären Einstellungen eines Industriezweiges andererseits. Das Anliegen ist, jene Instrumente darzustellen, mit deren Hilfe es (unter anderem) gelingen könnte, trotz behördlicher Preiskontrolle und anderen *Unbillen*, marktwirtschaftliche Prinzipien zu realisieren.

Die Methoden die vorgestellt werden sind *Heurismen*. Das heißt, es handelt sich bei ihnen um "Findeverfahren", die einem Informationsmangel Rechnung tragen, wie er gerade in so komplexen Problemstellungen wie der Marketingoptimierung auftritt. Um die beiden Extreme, kombinatorische Behandlung einer Modellsituation einerseits oder völlige Unsicherheit andererseits, zu vermeiden, werden Heurismen angewandt.

Die einzelnen Techniken rekrutieren sich sowohl aus der Statistik - und sind demnach schon länger bekannt - als auch aus der künstlichen Intelligenz - einer sehr jungen Disziplin.
Bei der Diskussion dieser Verfahren darf natürlich nicht übersehen werden, daß darüberhinaus Optimierungsstrategien existieren, die in dieser Arbeit nur gestreift werden, aber keineswegs überholt sind. So werden auch in der Gesundheitsindustrie die deskriptive Statistik, die lineare Programmierung und andere Methoden der *Operations Research* weiterhin einen festen Platz beanspruchen. Eine Diskussion aller Optimierungsmethoden die im Pharmamarketing anwendbar sind, würde sicherlich Bände füllen, und es sei in diesem Zusammenhang auf die diesbezügliche Standartliteratur verwiesen die einen Analogieschluß zur Gesundheitsindustrie jederzeit zuläßt.

An dieser Stelle möchte ich es nicht versäumen, einigen Personen meinen Dank auszusprechen. Zuallererst möchte ich Herrn Professor Dr. Wilfried Grossmann danken, der die Aufgabe übernommen hat, diese Arbeit zu betreuen. Von Seiten der Gesundheitsindustrie ist vor allem Herrn Reinhold Schlögl zu danken, der die nötigen Voraussetzungen für den praktischen Bezug der Arbeit geschaffen hat. Mein Dank gilt außerdem all jenen Personen, die mir bei der Erstellung wertvolle Hilfe zu Teil werden ließen und deren namentliche Aufführung hier zu weit führen würde.

Inhalt

Einleitung **7**

Teil 1: Theoretische Grundlagen **9**

I.Abschnitt **10**

1. Betriebswirtschaftliche Optimierung **10**

1.1 Ursachen betriebswirtschaftlicher Optimierungsprobleme 10

1.2 Historische Entwicklung der Optimierung 11

1.3 Betriebswirtschaftliche Optimierungstrategien 12

1.3.1 Einführung 12

1.3.2 Optimierungsmodelle 13

1.3 Einsatzmöglichkeiten der Optimierung 14

1.3.1 In der Informationsoptimierung 14

1.3.2 In den betrieblichen Teilbereichen 14

1.3.3 Marketing als integrative Funktion 16

2. Heuristische Ansätze in der Analyse und Bewertung von Optimierungsproblemen im Marketing **18**

2.1 Einführung in die Heuristik 18

2.2 Multivariate Methoden 19

Exkurs: Statistik 19

2.2.1 Strukturprüfende Verfahren 21

2.2.2 Strukturentdeckende Verfahren 29

2.3 Ansätze in der künstlichen Intelligenz 33

2.3.1 Anwendungen in der Marketingforschung 37

2.4 Synopsis 38

3.Übersicht **39**

II.Abschnitt 40

4. Gesundheitsindustrie 40

4.1 Stellung der Gesundheitsindustrie in der Marktwirtschaft 40

3.1.1 Entwicklung der Arzneimittelindustrie 41

4.2 Gesundheitsindustrie in Österreich 41

4.2.1 Arzneimittelmarkt Österreich 42

4.2.2 Arzneimittelindustrie Österreich 43

4.3 Profitabilität als Fokus der betriebswirtschaftlichen Optimierung in der Arzneimittelindustrie 44

4.3.1 Pharmamarketing 45

4.3.1.1 Pharmamarketing-Praxis 46

4.3.1.2 Marketingforschung in der Arzneimittelindustrie 47

4.3.1.3 Heuristische Ansätze im Pharmamarketing 48

5. Zusammenfassung und Überleitung 50

Teil 2: Spezialanalyse ... 51

6. Datengestützte heuristische Analyse ... 52
6.1 Problemstellung ... 52
6.2 Daten und Aufbereitung ... 52
6.2.1 Die Daten im Einzelnen ... 53
6.2.2 Allgemeine Zielvorstellungen ... 57
6.3 Explorative Analyse von Produktmerkmalen ... 58
Exkurs: SPSS ... 58
6.3.1 Faktorenanalyse ... 60
6.4 Zeitabhängige Analyse marktbezogener Daten ... 63
6.4.1 Neurale Netze ... 63
6.4.1.1 Backpropagation Netzwerke ... 64
Exkurs: NWORKS ... 65
6.4.2 Netzwerk Session ... 67
6.4.2.1 Modelle und Ergebnisse ... 70
Anhang.I ... 75
6.5 Zusammenfassende Darstellung der datengestützten Analyse ... 77

7. Datenunabhängige Analyse - ein Ausblick ... 79
7.1 Fuzzy Logik ... 79
7.1.1 Einführung ... 79
7.2 Fuzzy-Regel-basierte Entscheidungsmodelle ... 83

8. Schlußbetrachtungen ... 85

Literaturverzeichnis ... 87

Einleitung

Die Wahl der Gesundheitsindustrie zur Darstellung betriebswirtschaftlicher Optimierungsstrategien gründet sich nicht zuletzt auf mehrjähriger Erfahrung des Verfassers in der Gesundheitsindustrie und der Beobachtung, daß sich dieser Wirtschaftszweig der sozioökonomischen Dimension seiner Verantwortung bisher kaum bewußt war.
Ausgegangen wurde von der Perspektive des Marktteilnehmers auf der Anbieterseite. Begründet wird dieser Schritt aus der Überzeugung des Verfassers, daß körperliches, geistiges und soziales Wohlbefinden (Definition der WHO für Gesundheit) als Grundrecht angesehen werden muß, und daher Mittel und Ressourcen auf dem Gesundheitssektor einer prinzipiellen Ökonomisierung bedürfen um langfristig gesichert zu sein. Die Initiative zur Optimierung und Ökonomisierung muß dabei in einer sozialen Marktwirtschaft von jenem Marktteilnehmer ausgehen, der auf der Basis eines formalisierten Rechnungskalküls die nötigen Voraussetzungen dafür erfüllt. Die Überprüfung der Gegebenheiten soll im Verlauf der weiteren Ausführungen erfolgen.

Bei der Diskussion betriebswirtschaftlicher Optimierungsmethoden wurde bewußt darauf verzichtet, näher auf Optimierungsverfahren, wie sie seit Jahrzehnten in den Wirtschaftswissenschaften etabliert und in Fachrichtungen wie der Unternehmensforschung ausführlich beschrieben sind, einzugehen. Hauptaugenmerk wurde auf Heurismen gelegt, da die gerade in den letzten Jahrzehnten aufgetretene Entwicklung in der Informationsindustrie auf der einen Seite und das Wissen um einen nicht unbeträchtlichen Unsicherheitsfaktor auf der anderen Seite, in den Wissenschaften die Suche nach Verarbeitungsprinzipien ausgelöst hat, die sich in diese Richtung bewegen.

Im ersten Teil der Arbeit werden die theoretischen Grundlagen für die Erarbeitung von heuristischen Modellierungsansätzen in der Gesundheitsindustrie diskutiert. Der zweite Teil beschäftigt sich mit einer konkreten Problemstellung im Pharmamarketing, für die sowohl ein ausformulierter Modellansatz, als auch ein Ausblick auf weitere Möglichkeiten angeboten werden.

Der Inhalt der einzelnen Kapitel läßt sich vor diesem Hintergrund nun wie folgt charakterisieren:

Der erste Abschnitt der theoretischen Grundlagen führt den Leser, unter Ausklammerung der speziellen Situation in der Gesundheitsindustrie, in die Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Optimierung und im Speziellen der heuristischen Verfahren ein. *Kapitel 1* soll einen Überblick über Ursachen, Entwicklungen und Einsatzmöglichkeiten der Optimierung geben, und den Leser zur *integrativen Funktion* des Marketing hinführen. In *Kapitel 2* werden heuristische Ansätze aus Statistik und künstlicher Intelligenz vorgestellt, und auf Anwendung im Marketing Bezug genommen.

Der zweite Abschnitt beschäftigt sich in *Kapitel 4* mit der speziellen Situation der Gesundheitsindustrie. Es wird die Stellung in der Marktwirtschaft beleuchtet, und aus internationaler wie nationaler Sicht ein Bild dieses Wirtschaftszweiges gezeichnet. In Analogie zur allgemeinen Betrachtung konzentriert sich die Sicht auf das Marketing, wobei auf in der Literatur beschriebene Anwendungen hingewiesen wird.

Den zweiten Teil der Arbeit bildet die Spezialanalyse eines Arzneimittels in einem definierten Teilmarkt, sowie der Ausblick auf ein alternatives Vorgehen, bei veränderten Rahmenbedingungen. In *Kapitel 6* wird konkretes Datenmaterial (das von einem österreichischen Unternehmen zu Verfügung gestellt wurde) zu einem Produkt und seiner Umgebung einer explorativen Analyse unterzogen und mit Hilfe von *Neuralen Netzen* simuliert.

Der daran anschließende Ausblick (*Kapitel 7*) soll die Situation, wie sie sich ohne vorhandenes Datenmaterial darstellen würde, erörtern und Lösungsmöglichkeiten anbieten.

Die Arbeit schließt mit einem Resümee über die diskutierten und angewandten Verfahren, und beurteilt die Einsetzbarkeit in der Optimierung von Pharmamarketingentscheidungen.

Für die Durchführung der Analysen wurden Anwendersoftwarepakete und Personalcomputer, wie sie frei im Handel erhältlich sind, verwendet.

Teil 1

Theoretische Grundlagen

I.Abschnitt

1. Betriebswirtschaftliche Optimierung

1.1 Ursachen betriebswirtschaftlicher Optimierungsprobleme

Wirtschaften kann als Disponieren über knappe Güter, die zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse dienen, verstanden werden. Als ökonomisches Prinzip wird verstanden, Extremwerte zu realisieren und zwar im Sinne eines möglichst günstigen Verhältnisses zwischen Aufwand und Ertrag. Wirtschaftliche Untersuchungen stellen dabei die Frage nach dem optimalen Einsatz bzw. der optimalen Verwendung von Wirtschaftsgütern. [Schi 87]

Die Betriebswirtschaftslehre ist nach ihrem Selbstverständnis eine Wissenschaft. Als dynamische Wissenschaft versucht sie diejenigen Gesetzmäßigkeiten, die beobachtbare Phänomene bestimmen, zu erforschen und mitzuteilen. [Loit 90]

In der freien Marktwirtschaft kommt es zu einem Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage als Regulativ für die Produktion. Als Spezialform der Marktwirtschaft gilt die soziale Marktwirtschaft, wie wir sie auch in Österreich antreffen. In dieser verschafft der Staat durch sogenannte Transferzahlungsströme jenen Personen Einkommen, die unverschuldet nicht am Produktionsprozeß teilnehmen können. [Loit 90]
In dieser Wirtschaftsform wird der Staat im Sektor des Gesundheitswesens zum direkten Tauschpartner für den Anbieter.
Zur Aufrechterhaltung der Marktwirtschaft sind nun Unternehmen notwendig, die die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse realisieren und langfristig sichern können.

Neben dieser ökonomischen Dimension der Verantwortung eines Betriebes in der Marktwirtschaft besteht neben anderen auch eine soziologische Dimension die von zwischenmenschlichen Beziehungen bis zur Sicherstellung des Einkommens der Mitarbeiter reicht. Zur Aufrechterhaltung des Betriebes und damit der Wahrung seiner Verantwortung gegenüber der Gesellschaft bedarf der Wirtschaftsprozeß der Unternehmung entsprechender Gestaltungskräfte um einen koordinierten und zielgerichteten Ablauf zu gewährleisten. In Fällen unvollkommener Information läßt sich das ökonomische Prinzip derart formulieren, daß bei gegebenem Informationsstand das Optimum aus den zu Verfügung stehenden Handlungsalternativen zu suchen ist. [Schi 87]
Betriebswirtschaftliche Optimierung ist also das Instrument zur Realisierung des ökonomischen Prinzips.

Zum Unterschied zur technischen Optimierung, bei der konkrete Dimensionen festgelegt werden, sind die Ergebnisse betriebswirtschaftlicher Optimierungen vorsichtig zu beurteilen. Nicht so sehr die Zahlenwerte einer gefundenen optimalen Lösung sind das Entscheidende, sondern die Modellformulierung und damit die Auswahl der getroffenen Handlungsalternativen die zum optimalen Ergebnis geführt haben. Die Fortschritte in der Optimierungstheorie der letzten Jahrzehnte ließen dabei rein deskriptive Aufgaben der Wirtschaftswissenschaften immer mehr in den Hintergrund treten. [Step 89]

Für das Unternehmen gilt es also im ersten Schritt den Informationsstand zu optimieren, um danach ein Modell formulieren zu können, das durch die gebotenen Informationen das Optimum aus den zu Verfügung stehenden Handlungsalternativen aufzeigt.

1.2 Historische Entwicklung der Optimierung

Nachdem sich im Laufe der Entwicklung der Wirtschaft früher als in anderen Teilbereichen des Miteinander eine Abkehr vom Glauben an die unverrückbare Gottgegebenheit der Sachverhalte vollzog und eine Gesetzmäßigkeit von Angebot und Nachfrage bereits im Altertum registriert wurde, kamen die ersten innovativen Ideen in Richtung Optimierung der Abläufe im Wirtschaftsleben erst mit der industriellen Revolution.
Die Entwicklung eines ökonometrischen Ansatzes in der Analyse des Wirtschaftskreislaufes ist in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts bei *William Stanley Jevons* entstanden. Die bis dahin auf wenig belegte Hypothesen gestützte Theorie wurde von ihm mit statistischen Daten kombiniert. Bei ihm vollzog sich auch die Abkehr von landwirtschaftlichen Einheiten hin zu kommerziellen eigenständigen Meßgrößen. Die Instrumente der deskriptiven Statistik fanden Einzug in die Wirtschaftswissenschaften. Periodische Analysen und Gegenüberstellungen bildeten auch die Hauptanhaltspunkte für *Henry Ludwell Moore* der zu Beginn des 20. Jahrhunderts die statistischen Analysen zur Prognose einsetzte.
Obwohl von Jevons und Moore bereits Unsicherheit und Wahrscheinlichkeitstheorie in die Ökonometrie eingebracht wurde, konnten sich diese beiden Pioniere gegen die vorherrschende Bevorzugung von Beschreibung gegenüber Erklärung nicht durchsetzen.
In den Zwanzigerjahren sorgten die Ausführungen von *George Udny Yule* und *Eugen Slutsky* mit dem Einbringen von meßbaren Irrtümern in die Wirtschaftstheorie für einen Schock in der Geschäftswelt. Durch Erzeugung zufälliger Daten wurde eine Umgebung geschaffen, die es erlaubte einen Standard für den Vergleich von empirischen Daten unter kontrollierten Bedingungen zu setzen. Dieses Verfahren ist in der Ökonometrie als Monte Carlo Technik bekannt.
Die tiefe Kluft zwischen Wirtschaftstheorie und Wirtschaftsstatistik war zu dieser Zeit ein Ausdruck dafür wie unzulänglich die vorhandenen Daten für weitreichende Analysen waren.
Die Revolution brachte *Trygve Haavelmo,* der mit wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellen Theorie und Daten einander näherbrachte.[Morg 90]

Mit der Einführung eines Störterms in die Berechnung war ein wichtiger Schritt in der Optimierungstheorie gelungen. Hier sind vor allem *Dowling* und *Glahe* zu nennen die in den Siebzigerjahren entscheidend zu der weit verzweigten Entwicklung der Ökonometrie beitrugen. Auf der anderen Seite mehrte sich die Kritik gegenüber diesen sehr ungenauen Optimierungen unter Unsicherheit. [Kenn 92]
Zu dieser Zeit begann sich die betriebswirtschaftliche Optimierung eigenständig zu entwickeln. Die verschiedenen Ansätze finden sich in Disziplinen wie *Operations Research* oder *Management Science*.(siehe nächster Abschnitt)

Mit der Verbreitung der elektronischen Datenverarbeitung konnte in den Siebziger- und Achtzigerjahren ein weiteres Problem gelöst werden, nämlich das der Datenmenge die sich durch den Aufschwung der Informationswissenschaften dem Ökonomen bot. Wahrscheinlichkeitsrechnung und induktive Statistik konnten mit den großen Datenmengen in bald jedem Betrieb zu Rate gezogen werden. Zugleich trat eine Disziplin in den Bereich der betriebswirtschaftlichen Optimierung ein, die wie keine andere von Computern abhängig ist - die künstliche Intelligenz. Obwohl in der Begriffsklärung noch immer Unklarheit herrscht, ist den Methoden der künstlichen Intelligenz gemein, daß versucht wird menschliches Schlußfolgern zu simulieren. In der Betriebswirtschaft sind solche Anwendungen als Expertensysteme seit den Achtzigerjahren im Einsatz. [Harm 85]
Gerade in den letzten Jahren immer mehr in den Vordergrund getreten sind die ´Unscharfen Mengen´, die die semantische Interpretation von Aussagen, die nicht als eindeutig wahr oder falsch eingestuft werden können, ermöglichen.

1.3 Betriebswirtschaftliche Optimierungstrategien

1.3.1 Einführung

Verschiedene Fachrichtungen innerhalb der Wirtschaftswissenschaften oder auch der Betriebswirtschaftslehre entstanden unter dem Einfluß der gewonnenen Möglichkeiten zur Optimierung wirtschaftlicher Problemstellungen, und beanspruchten für sich *die Optimierungswissenschaft* zu sein auf die alle Wirtschaftstheoretiker gewartet hatten.
Ein Zweig der Wirtschaftswissenschaften, dessen Ziel die Vereinigung des theoretischen mit dem empirisch-quantitativen Ansatz zur Lösung ökonomischer Probleme ist, findet sich in Form der **Ökonometrie**. Sie gilt ihrem Wesen nach als quantitativ und versucht durch systematisch-wissenschaftlichen Gebrauch statistischer Daten der ökonomischen Forschung Gehalt zu geben. Doch das ist auch schon das Einzige was an Definitionen über sie festgeschrieben steht. Die Kunst des Ökonometrikers besteht darin jene Menge von Annahmen zu treffen, die sowohl spezifisch genug als auch realistisch genug sind, um es ihm zu erlauben, den größten Vorteil aus den ihm vorliegenden Daten zu ziehen. Er ist auf der einen Seite Mathematiker, der versucht ökonomische Theorien so zu formulieren, daß sie für statistisches Testen zugänglich werden, auf der anderen Seite wieder mit dem Sammeln von Daten beschäftigt, die theoretische Überlegungen in Relation zu den Beobachtungen bringen. Dann ist er wieder praktischer Statistiker, der wirtschaftliche Zusammenhänge schätzt und Ereignisse voraussagt bzw. theoretischer Statistiker, der Techniken entwickelt, die auf die empirischen Probleme, die Wirtschaft und Betrieb charakterisieren, anwendbar sind. Die Ursprünge der Ökonometrie sind in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts zu suchen. Im Vordergrund des Interesses standen zunächst die Untersuchungen isolierter Beziehungen wie Angebots- und Nachfragefunktion oder Produktions- und Kostenfunktion. Die Analyse ökonomischer Daten, die vorwiegend nichtexperimenteller Natur sind, warf spezielle Probleme auf, die mit den ursprünglich von den Naturwissenschaften übernommenen Methoden nicht zu bewältigen waren. Einerseits wurde die statistische Theorie den speziellen Anforderungen der ökonomischen Daten angepaßt, andererseits kam es zur *Spezifikation* von ökonometrischen **Modellen**. Die Verknüpfung des systematischen Teils mit der stochastischen Komponente geschieht in diesen Modellen durch Einführung einer Störvariable, die den systematischen Teil additiv überlappt. [Kenn 92]
Die Modellbildung spielt in nahezu sämtlichen Wissenschaften eine große Rolle. Dabei wird das Original mit allen relevanten Tatbeständen und von allen irrelevanten abstrahiert vereinfacht abgebildet. Auf der Basis dieser Ähnlichkeiten zum Original werden Problemlösungen am Modell durchgeführt, die in der Realität nicht möglich oder zu aufwendig wären. [Gabl 88]

Die Anwendungsmöglichkeiten der Mathematik in den Wirtschaftswissenschaften sind äußerst vielfältig und reichen vom formalen Darstellen einfacher Zusammenhänge in Beschreibungsmodellen bis zur Formulierung und Lösung komplexer Erklärungs- und Entscheidungsmodelle. Fortschritte in der Optimierungstheorie der letzten Jahrzehnte haben einen nachhaltigen Einfluß auf die Betriebswirtschaftslehre ausgeübt.
Nachdem sich die Versuche der Ökonometrie immer mehr dahingehend entwickelten die Funktionsweise einer Wirtschaft als Ganzes zu beschreiben, entwickelte sich als anwendungsorientierte Optimierungsrichtung das Fach **Operations Research** (Unternehmensforschung). In diesem Fach geht es um die Entwicklung und den Einsatz mathematischer Methoden zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen. Wie in der Ökonometrie kam es auch in der Unternehmensforschung zur Entwicklung von Modellen - **Entscheidungsmodellen**. Und wie in der Ökonometrie wurzelten die ersten Untersuchungen in der Produktions- und Kostentheorie. [Step 89]

Aus dem Anglo-Amerikanischen Raum stammt der Begriff der "**Management Science**", die es sich zur Aufgabe gemacht hat, Managementaufgaben unter Verwendung eines wissenschaftlichen Ansatzes zu lösen. Die Vorgangsweisen (Problemdefinition-Modellformulierung-Analyse-Lösung) entsprechen - ebenso wie der Einsatz mathematisch statistischer Methoden - den bereits besprochenen. [Stev 92]

Die Verfügbarkeit von Rechenanlagen war ein weiterer wichtiger Impuls für die Verbreitung mathematischer Methoden in der betrieblichen Praxis, besonders durch den Einsatz von Mikrocomputern erfährt die betriebswirtschaftliche Optimierung ein Durchdringen aller betrieblichen Bereiche. [Step 89]

Die folgende Gegenüberstellung deckt natürlich keineswegs das gesamte Gebiet der betriebswirtschaftlichen Optimierungsmethoden. Es soll vielmehr ein Überblick über Modelle gegeben werden, die sich im Laufe der Zeit in der Betriebswirtschaft etabliert haben.

1.3.2 Optimierungsmodelle

Die **Netzplantechnik** ist als Darstellungsmittel von Produktionsabläufen und für die Planung und Entwicklung von Projekten geeignet. Dabei wird ein Projekt in einzelne Vorgänge zerlegt und deren zeitliches Nach- und Nebeneinander analysiert.

Der Versuch **Entscheidungsmodelle** für Zusammenhänge in der Praxis zu formulieren führt zumeist zur Aufstellung eines Systems von Gleichungen und Ungleichungen, das eine Zielfunktion unter Restriktionen realisiert.
Die *lineare Optimierung* ist die verbreitetste Optimierungsmethode unter Einbeziehung von Restriktionen in Gleichungs- und Ungleichungsform in den Wirtschaftswissenschaften. Ökonomisch bedeutet die Linearität, daß die Bewertung der Handlungsalternativen vom Ausmaß der Realisation unabhängig bleibt. Dieses exakte Verfahren in bezug auf den Modellaufbau und -ablauf bedient sich statistischer Methoden zur Aufstellung der Parameter für das (Un)Gleichungssystem.
Der Anstoß zur Formulierung von Optimierungsproblemen in Form von Systemen aus Gleichungen und Ungleichungen lieferte die Entwicklung des Simplexalgorithmus durch *Dantzig* in den vierziger Jahren. Dieses lineare (Un)Gleichungssystem (Programm) maximiert eine Zielfunktion unter Nebenbedingungen und Nichtnegativitätsbedingungen. Bei vielen Modellen dürfen Variablen nur bestimmte diskrete Lösungen annehmen, worauf bei der *diskreten* linearen Programmierung bedacht genommen wird. Neben zahlreichen exakten Ansätzen existieren hierzu auch heuristische Verfahren.
Nichtlinearen Entscheidungsmodellen, aufgrund nicht linearer Zusammenhänge strukturgleicher Teilprobleme, so oft sie in der Praxis auch anzutreffen sind, stehen wenige operable Lösungstechniken gegenüber. Vor allem die Schwierigkeiten, die in der Unterscheidung lokaler von globalen Extrema auftreten, machen die Anwendung heuristischer Analysemethoden verständlich.
Im Fall nichtlinearer Optimierungsprobleme kann unter der Voraussetzung konvexer Zielfunktionen und konkaver Restriktionen mit (Un)Gleichungssystemen in Form quadratischer Programmierung Konvergenz nach einer endlichen Zahl von Schritten erzielt werden.
Im Gegensatz zu den bisher aufgeführten statischen Entscheidungsmodellen, die in Unabhängigkeit von den Folgeereignissen gesehen werden können, betreffen dynamische Entscheidungsmodelle jene Entscheidungen, die in zeitlicher Abhängigkeit voneinander stehen. Als wichtigste Kriterien der *dynamischen Optimierung* gilt die Einführung von Zuständen und Zustandsübergängen. Dynamische Optimierung stellt eine eigenständige "Optimierungsphilosophie" dar, die den Einsatz "heuristischer Optimierungsstratgien" begünstigt. [Step 89]

Die **Spieltheorie** kann als Teilgebiet der Entscheidungstheorie aufgefaßt werden. Immer dann, wenn Entscheidungen gefällt werden müssen, ohne daß Angaben über Wahrscheinlichkeiten des Eintreffens vorliegen, werden in der Entscheidungstheorie Ein-Parameter-Kriterien herangezogen. Diese Entscheidungsphilosophie liegt auch der Spieltheorie zugrunde.
Mittels der Theorie der Spiele werden Konflikt- und Konkurrenzsituationen betrachtet, bei denen Entscheidungen zu fällen sind, ohne daß das Verhalten des Gegenspielers bekannt ist.

Simulationstechnik wie sie auch zur Lösung sehr umfangreicher Spiele verwendet wird, besteht darin Näherungsverfahren einzusetzen, die letztlich auf systematischem Probieren, planmäßigem Suchen und modellmäßigem numerischen Experimentieren beruhen.
Bei der Simulation mit Hilfe mathematisch numerischer Modelle kann zwischen *deterministischer* Simulation (bei Problemen, bei denen alle eingehenden Daten bestimmt sind) und *stochastischer* Simulation (Probleme deren Ablauf von zufälligen Einflüssen abhängig ist) unterschieden werden. Unter letztere Techniken - auch *Monte Carlo Simulation* genannt - fallen vor allem:
Warteschlangen, die durch ihre Zugangs-, Abgangs-. und Warteraumcharakteristik vor allem in der Ablaufplanung zum Einsatz kommen. [Zimm 90]

1.3 Einsatzmöglichkeiten der Optimierung

Als Optimierungsproblem kann jedes formale System, bestehend aus einer Zielfunktion, einer Zielvorschrift und einem Restriktionssytem verstanden werden. In der Betriebswirtschaft wird, wie bereits erörtert, nach dem optimalen Einsatz von Wirtschaftsgütern gesucht. Diese Optimierung ist sowohl für das gesamte Unternehmen als auch für die betriebswirtschaftlichen Teilbereiche gefordert. Branchenunabhängig reicht das Spektrum betriebswirtschaftlicher Optimierungsprobleme vom Management bis in die kleinsten betrieblichen Abwicklungen.

1.3.1 In der Informationsoptimierung

Strategisches Informationsmanagement soll langfristig die optimale Information innerhalb des Unternehmens sowie an den Schnittstellen nach außen sichern. Der Aufbau einer diesbezüglichen Binnenorganisation und die Einordnung in die Unternehmenshierarchie ist als Bestandteil der Aufbauorganisation zu sehen. Operatives Informationsmanagement orientiert sich anhand einer Ziel-Mittel-Relation an strategischen Aufgaben und umfaßt kurz- bis mittelfristig die Informations- und Kommunikationstechnik. [Grie 90]
Strategische Informationssysteme treten immer enger an Managementsysteme bzw. Expertensysteme heran was teilweise schon zum Vorschlag einer Dreiteilung der Anwendungsentwicklung in die Gruppen MIS (Management information systems), MSS (Management support systems) und SIS (Strategic information systems) führt. [Heil 90]
Informationsoptimierung durch Informationsmanagement ist sicherlich als Bestandteil der Organisationslehre zu sehen und soll hier nicht weiter ausgeführt werden.

1.3.2 In den betrieblichen Teilbereichen

Optimierung in bezug auf eine optimale Aufwands/Ertrags-Relation beginnt bei der Planung der Aufbauorganisation und setzt sich in der Ablauforganisation weiter fort. Aufgrund der weitgefächerten Aufträge an betriebswirtschaftliche Optimierung sollen die Problemstellungen hier nur kurz angerissen werden.

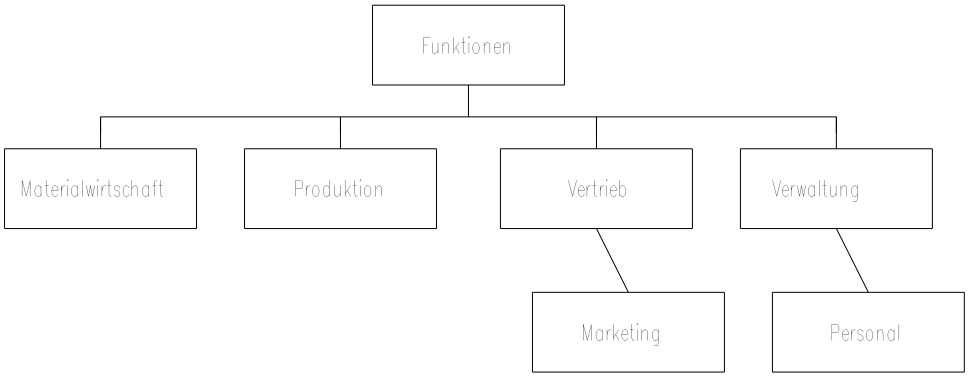


Abb. 1.1 Funktionsbereiche eines Unternehmens

Die **Materialwirtschaft** gehört zu den klassischen Anwendungsgebieten der mathematischen Statistik und für Verfahren des Operations Research. Aufgaben der Materialwirtschaft sind:

- Bedarfsermittlung,
- Bestelldisposition,
- Bestellüberwachung,
- Wareneingangsprüfung,
- Lagerbestandsführung,
- Materialbewertung,
- Inventur.

Die Intensität des Einsatzes von Optimierungsstrategien und Computerunterstützung ist je nach Anwendungsgebiet unterschiedlich. Dabei geht die Tendenz zu einer fortschreitenden Realisierung eines Integrationskonzepts, das die Materialwirtschaft in alle benachbarten betrieblichen Funktionsbereiche integriert. Solche *Vorgangsketten* haben zum Ziel Bearbeitungsaufwand und -zeit zu minimieren sowie auf Ausnahmesituationen schnell reagieren zu können. [Stah 90]

Ähnliches gilt für die **Produktionsplanung und -steuerung (PPS).** Die einzelnen Stufen eines PPS-Systems sind:

- Auftragssteuerung,
- Primärbedarfsplanung,
- Bedarfsplanung,
- Kapazitätsplanung,
- Auftragsfreigabe,
- Fertigungssteuerung.

Dabei drängt der EDV-Einsatz innerhalb des Produktionsbereichs den Rahmen der PPS in die technischen Bereiche der Optimierung. *Computer integrated manufactoring (CIM)* bezeichnet die integrierte Informationsverarbeitung für betriebswirtschaftliche und technische Aufgaben eines Industriebetriebs. [Sche 90]
Während in den Ansätzen der strategischen Operationsplanung für multinationale Konzerne die Ausgangsfrage nach der Absetzbarkeit gestellt wird, wird auf lokalen Märkten die Unterstützung operativer Aufgaben durch lineare und gemischt-ganzzahlige Programmierungsmodelle angestrebt. Parallel zu diesen Simultanplanungsmodellen werden PPS auf der Basis eines Sukzessivplanungskonzeptes entwickelt.
[Knol 90]

Marketing und **Vertrieb** waren nicht die primären Aufgabenbereiche von Optimierungsstrategien und Informationsverarbeitungssystemen. Diese Aufgabenfelder entwickelten sich aus dem Integrationsgedanken und den Forderungen des Rechnungswesens. Als dritter Impuls wirkte das immer größere Angebot von Marktdaten. Die Reihung der Einsatzfelder entspricht der historischen Entwicklung der Einführung von Optimierungssystemen:

- Verkaufsstatistik als ursprüngliche Form der marktorientierten Datenerfassung, woraus sich eine artikelgenaue Absatzzählung und am Verkaufsplatz die Warenwirtschaftssysteme entwickelten,
- Außendienststeuerung mit Rückgriff auf eine kundenorientierte Umsatzstatistik und Kundendienstinformationssysteme,
- Auswertungssysteme verknüpfen die gesammelten Daten zu Indikatoren für Werbeerfolg, Preis- und Kostenstrukturentwicklung u.a.

Entscheidungsunterstützungssysteme bieten den Marketingabteilungen für routinemäßige Problemstellungen Auswertungen an.
Warenwirtschaftssysteme regulieren den informativen und physischen Warenfluß des Vertriebs. [Thom 90]

In der **Verwaltung** vollzog sich die Optimierung mit dem Einsatz der EDV im Sinne einer Beschleunigung der Abwicklung. In einem Integrationskonzept kommt dabei dem innerbetrieblichen Informationsaustausch ein hoher Stellenwert zu. Als Besonderheit sind Personalinformationssysteme (PIS) zu erwähnen, die Aufgaben in der Personaladministration und Personalentwicklung übernehmen sollen.

Als besonders schwierig gestaltet sich die Optimierung von Stabstellen, deren Erfolgsmeßbarkeit sehr limitiert ist. Nach der Forderung einer optimalen Aufwands/Ertrags Relation wurden zwar Konzepte entwickelt die diesen Stellen Bewertungsmaßstäbe zu geben versuchten; in der Praxis konnten sich diese jedoch nicht durchsetzen.

1.3.3 Marketing als integrative Funktion

Zur optimalen Bedarfsbefriedigung in einer Marktwirtschaft ist es nötig eine Instanz zur Verfügung zu stellen, die einen Überblick hat über Kundenanforderungen auf der einen Seite und die Produktsituation auf der anderen Seite. Aus dieser Forderung ist eine *Marketing Philosophie* entstanden, die versucht die Rolle des Marketing im Vermittler zwischen Bedarf und Bedarfsbefriedigung zu sehen.

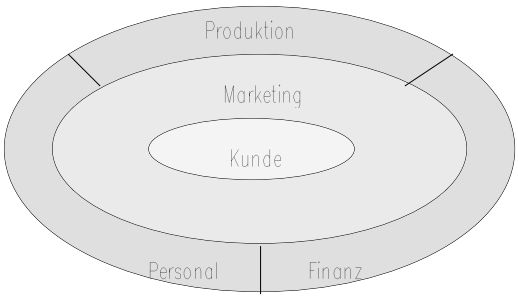


Abb 1.2: Stellung des Marketing im Unternehmen - Integrativkonzept

Innerhalb des Betriebes kommt es den Marketing-Verantwortlichen zu, Einblick in die übrigen betrieblichen Teilbereiche zu haben, um die Flexibilität des Unternehmens gegenüber den Kundenwünschen zu bewahren.

Diese integrative Funktion des Marketing entwickelte sich in den siebziger Jahren unseres Jahrhunderts (mitausgelöst durch Ölkrise und wirtschaftliche Stagnation) und gab diesem Teilbereich eine zentrale Rolle im Unternehmen.
Die Aufgaben des *Marketing Managements* können mit den Schlagworten

Analyse, *Planung*, *Ausführung*, und *Kontrolle*

umrissen werden. Unternehmensbezogene und marktbezogene Daten stellen das Umfeld des Marketing Managements dar. Dabei müssen unterschiedlich skalierte Daten bereits in der Analysephase sinnvoll kombiniert werden, um eine erfolgreiche Durchführung der weiteren Schritte zu gewährleisten.[Kotl 84]

Das Konzept der Integration findet sich vor allem in Unternehmen mit mehrdimensionaler Organisationsstruktur. Als Beispiel für den Bedarf an Systemintegration kann das **Produktmanagement** herausgegriffen werden. Dabei muß eine Querschnittskoordination über die meisten betrieblichen Teilbereiche erfolgen, weshalb moderne Managementtechniken als unverzichtbares Hilfsmittel für den Produktmanager dienen.

Der erfolgreiche Einsatz deterministischer Modelle und konventioneller Analysemethoden in Material- und Produktwirtschaft sowie der rasche Fortschritt in der Informationstechnologie im Vergleich zur noch immer relativ unzureichenden Optimierung in Marketing oder Produktmanagement (besonders in Hinsicht auf die Gesundheitsindustrie - *siehe später*) macht alternative Strategien, die in der Lage sind, einen großen Unsicherheitsfaktor zu berücksichtigen, für diesen Bereich am interessantesten. Die Optimierung des Marketings, in seiner zentralen Stellung im Unternehmen, könnte somit die Zielvorstellungen im Rahmen einer strategischen Planung mit den betrieblichen Teilbereichen koordinieren und realisieren. In diesem Sinn werden die folgenden Betrachtungen besonders im Licht dieser Marketingphilosophie dargestellt.

2. Heuristische Ansätze in der Analyse und Bewertung von Optimierungsproblemen im Marketing

2.1 Einführung in die Heuristik

Es überrascht nicht weiter, daß eine Zeit, in der das Informationsangebot sich überproportinal vergrößert, auch die Zusammenhänge und die Erkenntnis aus diesen Informationen sucht. Zum Einen gilt nach wie vor was *Aristoteles* dem Staunen und Sichverwundern zu Grunde legt: Das In-Frage-Stellen und an einen Punkt führen wollen. Zum Anderen muß jedem kritischen Geist klar sein, daß eine Abbildung der Realität nur jene Aspekte erfassen kann, deren Relevanz bis dato bekannt war. Eine Verbesserung dieser Modellvoraussetzungen kann daher nur in der systematischen Suche und im Sich-Nähern liegen.

Obwohl heuristische Verfahren in der Theorie und Praxis der Betriebswissenschaft eine wichtige Rolle spielen, gibt es keine einheitliche aussagekräftige Definition. **Heuristik** [*heuriskein* griech., finden] ist aus erkenntnistheoretischer Sicht jene Wissenschaft, die die Gesetzmäßigkeiten und Methodik von Rechercheprozessen bei der Lösung von Aufgaben sucht. Der Begriff selbst tauchte bereits im antiken Griechenland zur Charakterisierung eines Systems der verbalen Belehrung auf, das umfassend von *Sokrates* verwendet wurde. Ein System, nach dem der Lehrer durch hinführende Fragen und Beispiele den Schüler dazu bringt, selbstständig zur richtigen Beantwortung der gestellten Fragen zu kommen. Später verstand man unter H. die Gesamtheit der logischen Verfahren nicht nur bei der Lösung von Aufgaben, sondern auch bei der theoretischen Untersuchung und Ermittlung der Wahrheit.
Indem die Anzahl der möglichen Lösungsansätze für eine Aufgabe auf ein Minimum reduziert oder in gewissem Maße eingeschränkt wird, soll vor allem die Lösungszeit im Vergleich zu herkömmlichen Methoden (die in den klassischen axiomatischen Kalkülen gebräuchlich sind) verkürzt werden. Der Gegenstand der H. ist mit anderen Wissenschaften verflochten; ihre einzelnen Teile kann man nicht nur der Mathematik, sondern auch der Logik oder sogar der Philosophie zugehörig betrachten. (Für die heuristischen Tätigkeiten interessieren sich auch Psychologie und die Physiologie der Nerventätigkeit)
In der H. ist eine Reihe von Modellen zur Realisierung der Lösungsansätze von Aufgaben erarbeitet worden. Als repräsentativ für die Vorgangsweise sei das *struktursemantische Modell* herausgegriffen. Es geht davon aus, daß der heuristischen Tätigkeit bei der Lösungssuche die Konstruktion eines Modellsystems zugrunde liegt, das die Struktur von Zusammenhängen semantischen Charakters zwischen den Objekten widerspiegelt, die das Feld der Aufgabe bilden. Im Verlauf der Konstruktion werden folgende Operationen durchgeführt: [Logi 83]

1. aus dem Strom der Eingangsinformationen werden diskrete Objekte ausgesondert;
2. der Zusammenhang zwischen diesen Objekten wird festgestellt;
3. die ausgesonderten Mengen von Objekten oder Zusammenhängen, die vom Gesichtspunkt des gestellten Zieles aus von Interesse sind, werden aktualisiert;
4. es wird von den nichtaktuellen Objekten und Zusammenhängen abstrahiert;
5. es werden verallgemeinerte Elemente aus den monotypen Strukturen herausgelöst;
6. es werden Zusammenhänge zwischen den verallgemeinerten Elementen ermittelt;
7. anhand eines gewonnenen verallgemeinerten Labyrinthes beginnt die Suche unter Berücksichtigung der vorausgehenden Erfahrung mit analogen verallgemeinerten Labyrinthen.

In letzter Zeit nahm in Zusammenhang mit einer Reihe neuer Aufgaben, die sich durch die Anwendung der EDV ergaben, das Interesse für heuristische Methoden stark zu. Das liegt daran, daß sich der nichtheuristische Charakter der Vorschriften für viele bei der Formulierung von Algorithmen für elektronische Rechenanlagen verwendeten axiomatischen Kalküle als Mangel erwies, da in ihnen nichts oder nur wenig über Verfahren zur Verkürzung der Sichtung der Lösungswege und Methoden zur Verringerung der Unbestimmtheit der Suche gesagt wird.

Die moderne H. versucht, über die Einbeziehung von Ergebnissen der Logik und Mathematik, Resultate aus anderen Disziplinen auszunutzen, um wirksame Verfahren für Entscheidungsprozesse zu erarbeiten. Eine universale Methodologie wird damit nicht angestrebt, weshalb es auch verständlich wird, daß sich Ansätze aus der induktiven Statistik neben philosophischen und psychologischen finden. [Phil 83]

Für unterschiedlichste betriebliche Entscheidungsprobleme existieren keine Verfahren, die mit einem vertretbaren Aufwand die Bestimmung einer optimalen Lösung ermöglichen. Aus diesem Grund muß man sich mit Näherungslösungen zufrieden geben die durch heuristische Verfahren, meist Iterationsverfahren gefunden werden. Verfahren der induktiven Statistik, besonders Multivariate Methoden, beinhalten ausreichende Voraussetzungen um zu solchen Näherungslösungen zu gelangen. Die wichtigsten Verfahren der Gegenwart finden sich aber in der sogenannten *künstlichen Intelligenz*. Der Leser wird darauf hingewiesen, daß die Bezeichnung "heuristisch" in der Literatur oft nur für Verfahren in der künstlichen Intelligenz verwendet wird, und zum Teil nicht mit der in dieser Arbeit gewählten Terminologie übereinstimmt.

2.2 Multivariate Methoden

Bevor auf den Einsatz multivariater Methoden eingegangen wird, soll ein kurzer Exkurs nicht vergessen lassen, daß diese weder ohne die Grundbegriffe statistischer Verfahren auskommen, noch eine völlige Abgrenzung von den Disziplinen der deskriptiven Statistik oder gar der Schätz- und Testtheorie sinnvoll ist.

Exkurs: Statistik

Das Wort Statistik wurde gegen Ende des 17. Jahrhunderts geprägt und bedeutete lange Zeit ganz allgemein die verbale oder numerische Beschreibung eines bestimmten Staates. Heute wird unter dem Begriff Statistik zweierlei verstanden: Zum Einen ist darunter die quantitative Information über bestimmte Tatbestände zu verstehen, zum Anderen eine formale Wissenschaft, die sich mit der Erhebung, Aufbereitung und Analyse numerischer Daten beschäftigt. Statistische Methoden gehören zum Instrumentarium verschiedenster Fachwissenschaften und natürlich auch den Wirtschaftswissenschaften.
Während die Statistik früher vor allem beschreibende Funktion **(deskriptive Statistik)** hatte, rückt die operationale Funktion in ihrer Anwendung bei der Entscheidungsfindung immer mehr in den Vordergrund. Während in der deskriptiven Statistik die Darstellung von Daten in Tabellen und Abbildungen und die Berechnung von Mittelwerten und Streuungsmaßen sowie Indexberechnungen und Konzentrationsmessungen behandelt werden, liegt der Schwerpunkt der wahrscheinlichkeitsfundierten Statistik **(induktive Statistik)** in den Problemkreisen des statistischen Schätzens, statistischer Tests, Entscheidungstheorie und multivariater Methoden. [Bley 88]

Bei einer statistischen Untersuchung sind fünf Schritte zu unterscheiden, deren Gewicht stark variieren kann. Unter die *Planung* fallen die Zielformulierung, des Erhebungsprogramm und organisatorische Fragen. Die *Erhebung* selbst dient der Gewinnung des statistischen Datenmaterials. Verdichtung der gewonnenen Daten zu tabellarischen Aufstellungen und Schaubildern dient der *Aufbereitung* des gesammelten Materials.

Bereits die verdichtete Darstellung kann dem Untersucher einen Einblick in die Zusammenhänge des gewonnenen Materials geben. Die Anwendung mathematisch-statistischer Methoden bildet jedoch die eigentliche *Analyse*. Im letzten Schritt werden die Ergebnisse zusammengefaßt und einer *Interpretation* unterzogen.

Das Interesse der Statistik zielt auf Merkmale und Merkmalsausprägungen in statistischen Grundgesamtheiten ab und verwendet sinnvollerweise Teilgesamtheiten in Form von Stichproben um auf die Grundgesamtheit schließen zu können. Dabei können qualitative (nominal skalierte) und quantitative (metrisch skalierte)

Merkmale unterschieden werden. Bei den metrisch skalierten Merkmalen wird weiter zwischen diskreten (es können auf einer metrischen Skala nur bestimmte Werte angenommen werden) und stetigen Merkmalen (es kann jeder beliebige Wert angenommen werden) unterschieden. [Bley 88]

Die Werkzeuge der deskriptiven Statistik werden hier nur kurz angeschnitten. Kenntnis über Berechnungs- und Darstellungsmethoden wird vorausgesetzt. Im übrigen wird auf die diesbezügliche Standart-Literatur verwiesen. [Bley 88, Hart 87, u.a.]
Häufigkeiten: Betrachtet man die Merkmalsausprägungen einer Beobachtungsreihe, so läßt sich das Auftreten einer beobachteten Merkmalsausprägung in Relation zur Gesamtheit setzen. Neben der numerischen Aufführung der Merkmalsklassen mit ihren Klassenbreiten und der Anzahl des Auftretens in den Klassen, können diese Informationen graphisch aufgeführt (Stabdiagramm, Histogramm), Aufschluß über die Häufigkeit geben.
Zusätzliche Information zu dieser Verdichtung der ursprünglich beobachteten Einzeldaten bieten -
Statistische Meßzahlen: Zu ihnen gehören *Lageparameter* und *Streuungsmaße*. Die Lageparameter haben die Aufgabe das Zentrum einer Verteilung zu kennzeichnen, während Sreuungsmaße die Abweichung vom Zentrum charakterisieren. Mittelwerte (arithmetisch, geometrisch), Median und Modus sowie Standardabweichung und Varianz sind die gebräuchlichsten Darstellungsmittel. Auch hier erlaubt eine graphische Notation einen raschen Überblick über die Situation.
Indizes machen Aussagen über Gruppen verschiedener aber ähnlicher Merkmalswerte unter gleichzeitigem Verlust der Einzelinformation. Es wird in ihnen die Veränderung von gleichartigen Tatbeständen zum Ausdruck gebracht. Bekannt sind in den Wirtschaftswissenschaften *Preisindizes, Mengenindizes* und *Umsatzindizes.*
Konzentrationen: In den Wirtschaftswissenschaften werden bestehende Ungleichverteilungen durch *statische Konzentrationen* und Zunahmen von Ungleichverteilungen durch *dynamische Konzentrationen* charakterisiert.

Eindeutige Lösung von Problemen ist in der wahrscheinlichkeitsfundierten Statistik keine unabdingbare Voraussetzung. Der Interpretation wird in Abhängigkeit von der *Zuverlässigkeit* unterschiedlich großer Freiraum eingeräumt.
Die Grundlage der Methoden der *induktiven Statistik* bildet die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Viele Ergebnisse wirtschaftlicher Entscheidungen sind nicht streng determiniert, sondern besitzen Zufallscharakter. Wichtige Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie wurden bereits im 17. Jahrhundert gelegt (*Plaise Pascal u.a.).* Ausgangspunkt der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist der Zufallscharakter (stochastischer Charakter) - Zufallsexperiment. Solche Phänomene sind dadurch gekennzeichnet, daß deren zukünftiges Verhalten nicht durch eine deterministische Funktion vorausgesagt werden kann. Mithilfe statistischer Regelmäßigkeiten können solche Phänomene trotzdem mathematisch beschrieben werden. Ein Modell als Abbildung der Realität muß Gültigkeit gegenüber tatsächlichen Meßwerten haben. Die Rolle der Wahrscheinlichkeitstheorie ist im Ausgleich fehlender Information im Modell zu sehen und analysiert das Verhalten eines Systems durch angenommene Wahrscheinlichkeiten und Verteilungen. [Triv 82]

Derartige Schätzwerte müssen neben den von der Wahrscheinlichkeitstheorie geforderten Eigenschaften in den Wirtschaftswissenschaften noch zusätzliche ökonomische Voraussetzungen erfüllen. Dabei können die Voraussetzungen von Fall zu Fall völlig unterschiedlich sein. Wie niemand sonst ist der Wirtschaftswissenschaftler aufgerufen die Kosten für die Erlangung eines guten Schätzwertes dem möglichen Mehrertrag gegenüberzustellen. Diese Wirtschaftlichkeitsüberlegung beginnt bereits bei der Überlegung der Datensammlung und endet in der Wahl der Methodik. [Kenn 92]
Von einem Stichprobenergebnis ausgehend sollen bei den **Schätzverfahren** die unbekannten Parameter einer Grundgesamtheit geschätzt werden. Zu unterscheiden sind *Punktschätzung* bei der ein konkreter Wert angepeilt wird und *Intervallschätzung* bei der das Ergebnis in definierten Grenzen (Konfidenzintervall)

erwartet wird. Da Merkmalsausprägungen zufallsabhängig sind, ist die Punktschätzung in den seltensten Fällen genau. Die Schätzfunktion gibt an, wie aus den Ergebnissen einer Stichprobe ein Schätzwert zu bestimmen ist. Erwartungstreue, Effizienz, Konsistenz und Suffizienz sind die geforderten Eigenschaften.
Im Rahmen von **Testverfahren** wird die Frage behandelt ob bestimmte Hypothesen über unbekannte Grundgesamtheiten richtig oder falsch sind. Dabei werden entweder Parameterhypothesen mit sogenannten *Parametertests* oder Verteilungshypothesen mit sogenannten *Verteilungstests* überprüft.

Analysemethoden in der Statistik, die verbundene Beobachtungen mehrerer Merkmale untersuchen, werden **Multivariate Methoden** genannt.
Strukturentdeckende Verfahren untersuchen die Zusammenhänge zwischen Variablen oder Objekten, wobei der Beobachter zu Beginn der Analyse noch keine Vorstellung darüber besitzt, welche Beziehungszusammenhänge in einem Datensatz existieren. *Strukturprüfende Verfahren* haben ihr Ziel in der Überprüfung von Zusammenhängen zwischen Variablen; in diesem Fall besitzt der Anwender bereits eine Vorstellung über die Zusammenhänge zwischen Variablen und möchte diese überprüfen. Diese Verfahren werden im folgenden mit aufgeführt (obwohl in ihnen die Idee einer heuristischen Suche noch nicht so klar zum Ausdruck kommt), da eine kategorische Abgrenzung von den strukturerkennenden Verfahren kaum möglich und auch nicht wünschenswert ist. Angaben zur Verwendung in der betrieblichen Praxis sollen einen Hinweis auf deren Relevanz in der Analyse von Optimierungsproblemen geben.

2.2.1 Strukturprüfende Verfahren

Bei allen strukturprüfenden Verfahren werden die betrachteten Variablen in abhängige und unabhängige Variablen unterteilt.
Bei der *Regressionsanalyse* wird der Zusammenhang zwischen abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen betrachtet, wobei unterstellt wird, daß alle Variablen auf metrischem Skalenniveau gemessen werden können. Werden die unabhängigen Variablen auf nominalem Skalenniveau gemessen und die abhängigen auf metrischem Skalenniveau, so kommt die *Varianzanalyse* zur Anwendung. Ist hingegen die abhängige Variable nominal skaliert und die unabhängigen Variablen metrisch skaliert, so findet die *Diskriminanzanalyse* Anwendung. Beziehungen zwischen ausschließlich nominal skalierten Variablen werden durch die *Kontingenzanalyse* untersucht.
Während die bisher aufgeführten Methoden davon ausgingen abhängige Variable auf metrischem oder nominalem Skalenniveau zu erklären, werden durch die *Conjoint-Analyse* Präferenzen analysiert, die auf ordinalem Skalenniveau gemessen werden.
Analyse nicht meßbarer Merkmale (hypothetische Konstrukte / latente Variable) ist die Aufgabe der *Kausalanalyse* mit ihrem *LISREL-Ansatz*. Dabei wird vom Anwender verlangt, daß er sowohl Vorabinformationen darüber besitzt, wie sich die latenten Variablen über meßbare Größen operationalisieren lassen, als auch über die Beziehungen zwischen den latenten Variablen. [Back 90]

Regressionsanalyse

Ursachenanalyse	Wie stark ist der Einfluß der unabhängigen Variable auf die abhängige
Wirkungsprognose	Wie verändert sich die abhängige Variable bei Änderung der unabhängigen
Zeitreihenanalyse	Wie verändert sich die abhängige Variable im Zeitablauf

Tab. 2.1: Anwendungsbereiche der Regressionsanalyse

Das Grundmodell der Regressionsanalyse geht davon aus, daß neben den ermittelten Werten noch andere Einflußfaktoren oder Beobachtungs- und Meßfehler für das Streuen der empirischen Werte verantwortlich sind. Die der Regressionsanalyse zugrundeliegende Fragestellung ist nun die, welcher Anteil der Gesamtabweichung läßt sich durch die unabhängigen Variablen erklären und welcher Anteil verbleibt als unerklärbare Residuen. Die Zielsetzung besteht darin eine lineare Funktion zu ermitteln, die möglichst viel von der Gesamtabweichung erklärt. [Bley 88]

Zielfunktion $$\sum_{i=1}^{I} e_i^2 = \sum_{i=1}^{I} [y_i - (b_0 + b\,x)]^2 \quad \text{min!} \qquad (2.1)$$

e_i = Residualgröße der i-ten Beobachtung
y = abhängige Variable
b_0 = konstantes Glied der Regressionsgleichung
b_1 = Regressionskoeffizient
x = unabhängige Variable
I = Zahl der Beobachtungen

Die Minimierung der quadrierten Residuen ist die Zielfunktion, ermittelt durch die "Methode der kleinsten Quadrate"

Regressionskoeffizient $$b_1 = \frac{I(\Sigma x_i y_i) - (\Sigma x_i)(\Sigma y_i)}{I(\Sigma x_i^2) - (\Sigma x_i)^2} \qquad (2.2)$$

konstantes Glied $$b_0 = y - b_1 x \qquad (2.3)$$

Das Bestimmtheitsmaß trifft eine Aussage darüber, wie gut sich die Regressionsfunktion an die empirische Punkteverteilung anpaßt, indem es das Verhältnis von erklärter Streuung zur Gesamtstreuung darstellt.

Bestimmtheitsmaß $$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^{I} (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{I} (y_i - \bar{y})^2} \qquad (2.4)$$

Nach der Ermittlung einer linearen Beziehung zwischen abhängiger und unabhängiger Variable ist noch die Frage zu klären, ob die ermittelten Zusammenhänge auch in der unbekannten Grundgesamtheit gelten. Bevor in diesem Zusammenhang weitere größere Stichproben gezogen werden oder eine Prüfung an der Realität stattfindet, werden Testverfahren eingesetzt, die überprüfen, ob die Regressionsgleichung ein bestimmtes Maß an Schätzgenauigkeit erfüllt. [Hart 87]
Der *F-Test* besteht in seinem Wesen darin, daß aufgrund der Stichprobenwerte ein empirischer "F-Wert" ermittelt wird, der mit einem theoretischen F-Wert anhand einer Tabelle verglichen wird.

F-Wert(empirisch) $$F_e = \frac{\frac{r^2}{J}}{\frac{1 - r^2}{I - J - 1}} \qquad (2.5)$$

r^2 = Bestimmtheitsmaß der Stichprobe
J = Zahl der Regressoren
I = Stichprobenumfang

Eine oft gewählte Methode die Verläßlichkeit der Regressionskoeffizienten zu überprüfen besteht in der Analyse der Standardabweichung des Regressionskoeffizienten. Ebenso beliebt ist der *t-Test*, bei dem ein errechneter "t-Wert" mit einem theoretischen t-Wert aus der Student-t-Verteilung verglichen wird.

t-Wert(empirisch) $$t_e = \frac{b_j}{s_{bj}}$$ (2.6)

b_i = Regressionskoeffizient des j-ten Regressors

s_{bj} = Standardfehler des Regressionskoeff. des j-ten Regressors

Das Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten gibt an, um wieviel der Betrag des Regressionskoeffizienten der Stichprobe von dem Betrag des Regressionskoeffizienten der Grundgesamtheit abweichen kann.

Konfidenzintervall des Regressionskoeff. $$b_j - z \cdot s_{bj} <= \beta_j <= b_j + z \cdot s_{bj}$$ (2.7)

β_j = unbekannter Regressionskoeffizient
b_j = Regressionskoeffizient der Stichprobe
s_{bj} = Standartfehler des Regressionskoeffizienten

Typische Fragestellungen im Marketing

Ist der Absatz (abhängige Variable) von bestimmten Marketinginstrumenten (unabhängige Variable) abhängig ?
Wie stark verändert sich der Absatz bei Einsatz von x Einheiten bestimmter Absatzinstrumente
Wie entwickelt sich der Absatz im Zeitabschnitt t = 1...k (unabhängige Variable - Zeitreihenanlyse)

Die in der Literatur beschriebenen betriebswirtschaftlichen Anwendungen untersuchen den Zusammenhang von Werbung/Verkaufsförderung und Absatz als Erweiterung einer *Korrelationsanalyse* (untersucht ob überhaupt ein Zusammenhang besteht) oder stellen Zeitreihenanalysen im Rahmen von "fore-casting" Modellen auf. [Kotl 84]

Varianzanalyse

Wirkungsanalyse	Welche Wirkung hat eine unabhängige Variable auf eine abhängige

Tab. 2.2: Anwendungsgebiete der Varianzanalyse

Die Varianzanalyse ist das wichtigste Analyseverfahren zur Auswertung von Experimenten. Das Grundprinzip geht auch in diesem Fall davon aus, daß es zu den erklärbaren Abweichungen der empirischen Werte solche gibt die nicht zu erklären sind. Zielsetzung ist hier zu überprüfen wie stark die Gesamtabweichung auf nicht erklärbare Einflüsse zurückzuführen ist. Vereinfacht formuliert stellt die Varianzanalyse einen Test für die Differenz von zwei oder mehr arithmetischen Mitteln dar mit den Stichprobenvarianzen als Prüfgröße.
Die Quadratsumme der Abweichungen (Gesamtabweichung, erklärte Abweichung, nicht erklärte Abweichung) wird durch die Zahl der Einzelwerte vermindert um 1 geteilt was die (empirische) Varianz ergibt. Ein Vergleich der Größen kann Auskunft über die Bedeutung der unabhängigen Variablen im Vergleich zu den zufälligen Einflüssen geben. Um diese interpretative Aussage über die Wirkung der unabhängigen Variablen statistisch prüfen zu können, werden die mittlere erklärte Abweichung (MS_b) und die mittlere nicht erklärte Abweichung (MS_w) in Beziehung gesetzt.

$$F_{empirisch} = \frac{MS_b}{MS_w} \quad (2.8)$$

Den Maßstab zur Beurteilung dieses empirischen F-Wertes bildet die theoretische F-Verteilung. Ist der empirische Wert größer als der theoretische, dann muß mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 minus Signifikanzniveau ein Einfluß der unabhängigen Variablen gefolgert werden. [Bley 88]

Typische Fragestellungen im Marketing

Welche Wirkung haben bestimmte Marketinginstrumente isoliert oder gemeinsam auf den Absatz

Die in Marktforschungsstudien gewonnenen Daten werden häufig mit den Mitteln der Varianzanalyse untersucht. Andere Anwendungen beschreiben Testserien in verschiedenen Testmärkten und sollen Aufschluß über die angewandten Marketinginstrumente geben. [Gree 78]

Diskriminanzanalyse

Analyse von Gruppenunterschieden	Klärung und Erklärung von Gruppenunterschieden
Analyse von Gruppenzugehörigkeit	Klassifikation von Objekten

Tab. 2.3: Anwendungsbereiche der Diskriminanzanalyse

Das Grundprinzip der Diskriminanzanalyse besteht darin, daß eine Mehrzahl von Variable bei minimalem Informationsverlust durch Linearkombination zu einer einzigen Variablen zusammengefaßt wird. Die zur Kombination der Merkmalsvariablen verwendete Funktion heißt *Diskriminanzfunktion* (Trennfunktion). Ihre Formulierung umfaßt die Definition von Gruppen sowie die Definition und Auswahl der Merkmalsvariablen. (Die Definition der Gruppen kann unter Umständen auch das Ergebnis einer vorgeschalteten Clusteranalyse sein) Die Auswahl der Merkmalsvariablen erfolgt zunächst hypothetisch (metrisches Skalenniveau).
Die Diskriminanzfunktion läßt sich geometrisch als Gerade darstellen (Diskriminanzachse), einzelne Elemente wie Gruppenmittel (Centroide) lassen sich als Punkte auf der Diskriminanzachse lokalisieren. Die Unterschiede zwischen den Elementen als Distanzen.
Wieder finden wir einen erklärten Anteil an der Gesamtstreuung und einen nicht erklärten. Das Problem der Schätzung der Distanzfunktion läßt sich wie folgt formulieren.

$$\Gamma = \frac{\text{Streuung zwischen den Gruppen}}{\text{Streuung in den Gruppen}} \qquad \text{max!} \qquad (2.9)$$

Neben der Ableitung auf analytischem Weg existiert auch eine Ableitung mit geometrischen Mitteln, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Da sich eine binäre Variable formal immer wie eine metrische behandeln läßt, besteht im Zwei-Gruppen-Fall eine formale Übereinstimmung zwischen Diskriminanz- und Regressionsanalyse. Im Mehr-Gruppen-Fall können mehr als eine Diskriminanzfunktion ermittelt werden. Dabei wird jede weitere Diskriminanzfunktion so ermittelt, daß sie jeweils einen maximalen Anteil der verbleibenden Reststreuung erklärt. Als Maß für die relative Wichtigkeit einer Diskriminanzfunktion wird der Eigenwertanteil (erklärter Varianzanteil) verwendet.
Zur Prüfung der Güte einer Diskriminanzfunktion kann die Prüfung der Klassifizierung der Elemente herangezogen werden. Nachdem sich für das Gesamtmittel entsprechend der durchgeführten Normierung der Wert null ergibt, kennzeichnen die Vorzeichen die "Trefferquote" auf einer Diskriminanzachse.

Die Prüfung der Diskriminanz (Trennkraft) wird entweder durch den kanonischen Korrelationskoeffizienten (C)

$$C = \sqrt{\frac{\text{erklärte Streuung}}{\text{Gesamtstreuung}}} \tag{2.10}$$

oder durch das "W*ilks´ Lambda"* (L), das den Vorteil einer Transformation in eine probabilistische Variable, und damit Signifikanzprüfung der Diskriminanzfunktion bietet, ermittelt.

$$L = \frac{\text{nicht erklärte Streuung}}{\text{Gesamtstreuung}} = \frac{1}{1+\gamma} \tag{2.11}$$

Im Mehr-Gruppen-Fall können alle K Diskriminanzfunktionen mit diesen Maßnahmen beurteilt werden. Um die Unterschiedlichkeit der Gruppen zu prüfen müssen alle Diskriminanzfunktionen bzw. deren Eigenwerte gemeinsam berücksichtigt werden. Ein Maß dafür ist das multivariate Wilks´ Lambda.

$$L = \prod_{k=1}^{K} \frac{1}{1+\gamma_k} \tag{2.12}$$

Zur Standardisierung des Diskriminanzkoeffizienten wird dieser mit den Standardabweichungen der betreffenden Merkmalsvariablen multipliziert.

Für die Klassifizierung von neuen Elementen lassen sich folgende Konzepte unterscheiden:
Gemäß dem *Distanzkonzept* wird ein Element in diejenige Gruppe eingeordnet bezüglich derer die Distanz zwischen Element und Gruppenmittel minimal wird. Als verallgemeinertes Distanzmaß kann die *Mahalanobis-Distanz* angegeben werden.
Nach dem *Wahrscheinlichkeitskonzept* wird ein Element derjenigen Gruppe zugeordnet für die die Wahrscheinlichkeit $P(g|Y_i)$ (Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit von Element i mit Diskriminanzwert Y_i zu Gruppe g) maximal ist. Zur Berechnung der Klassifizierungswahrscheinlichkeiten wird der *Bayes-Ansatz* [1] angewendet. Die Summe der Klassifizierungswahrscheinlichkeiten, die man durch Anwendung des Bayes-Theorem erhält, ergibt immer eins. Die Anwendung schließt also aus, daß ein zu klassifizierendes Element eventuell keiner der vorgegebenen Gruppen angehört. Aus diesem Grund ist es zweckmäßig, für die gewählte Gruppe g die bedingte Wahrscheinlichkeit zu überprüfen.
Durch die *Klassifizierungsfunktion* von Fisher, kann die Klassifizierung direkt auf Basis der Merkmalswerte (ohne Verwendung von Diskriminanzfunktionen) durchgeführt werden. [Hart 87]

Typische Fragestellungen im Marketing

Welche Eigenschaften oder Marketinginstrumente bestimmen einen definierten Absatz

[1] *Bayes-Ansatz: Der Ansatz von Bayes zur Entscheidungsfindung unter Unsicherheit beinhaltet verschiedene Notationen auf die nicht weiter eingegangen werden soll. Das Prinzip besteht im Einbeziehen "persönlicher" Wahrscheinlichkeiten. Es behandelt unsichere Probleme als wären sie Risiko-Probleme indem beschränkte Wahrscheinlichkeiten an Stelle relativer Häufigkeitswahrscheinlichkeiten verwendet werden. Damit nimmt der Ansatz Rücksicht auf Problemstellungen, die in ihrer Eigenart schwer reproduzierbar und dem nächsten Analogon sehr entfernt sind.*

Aufgrund der Diskriminanzanalyse läßt sich ein Katalog von bestimmten Erfordernissen zusammenstellen die nötig sind um das gewählte Ziel zu erreichen. In der Literatur finden sich Analysen von Erfolgsaussichten bestimmter Produkte wie auch Auswahlprüfung von präferenzpolitschem Mitteleinsatz. [Gree 78]

Kontingenzanalyse

Analyse von Gruppenzugehörigkeit	Klassifikation
Konversion qualitativer Daten in quantitative - Vorbereitung für andere Analyseverfahren	

Tab 2.4: Anwendungsbereiche der Kontingenzanalyse

Bei der Kontingenzanalyse werden Methoden bereitgestellt, die es gestatten, auch bei nominal skalierten Größen Zusammenhänge zu erfassen. Bei den meisten dieser Verfahren werden für die qualitativen Merkmalsausprägungen Wahrscheinlichkeiten angegeben, die es erlauben eine funktionale Beziehung zwischen den Merkmalen und ihren Erwartungswerten anzugeben.
Nach der Einteilung der Merkmale in bestimmte Klassen werden die Ergebnisse in einer Kontingenztafel dargestellt. Durch Senkung des Skalenniveaus kann eine Niveauangleichung unterschiedlich skalierter Merkmale hergestellt werden. Zur Klärung der Abhängigkeiten mehrerer Merkmale existieren verschiedene Abhängigkeitshypothesen. Anders als bei der Varianzanalyse erhält ein bestimmtes Merkmal eine besondere Stellung und alle anderen Merkmale werden nur zur Erklärung dieses einen herangezogen. Das Ziel, zufällige Schwankungen von den wirklichen Einflüssen zu trennen, wird bei den Kontingenztafeln durch theoretische Wahrscheinlichkeiten beschrieben. [Hart 87]
Fragestellungen im Marketing treten in Zusammenhang mit unterschiedlichsten Problemstellungen auf.

Conjoint-Analyse

Anwendungsgebiete	
dekompositionelle Analyse	welchen Beitrag liefern die einzelnen Komponenten zum "Gesamtnutzen"

Die Conjoint-Analyse ist im Prinzip eine Analyse individueller Nutzenvorstellungen. Aus ordinalen Gesamtnutzenurteilen werden metrische Teilnutzenwerte abgeleitet.
Planung und Durchführung einer Analyse bedarf der Vorgabe von Eigenschaften und Eigenschaftsausprägungen und der Festlegung eines Erhebungsdesigns, bei dem einer Profilmethode (*Stimulus* = Kombination je einer Ausprägung aller Eigenschaften) zumeist der Vorzug gegeben wird. Bewertet werden die Stimuli nach einer Rangreihung.
Zielsetzung der Conjoint-Analyse ist es, die Teilnutzenwerte so zu bestimmen, daß die resultierenden Gesamtnutzenwerte möglichst gut den empirischen Rangwerten entsprechen. Zur Ermittlung der Teilnutzenwerte wird üblicherweise die **monotone Varianzanalyse** verwendet. Sie ist ein iteratives Verfahren, kann als Weiterentwicklung der bereits diskutierten metrischen Varianzanalyse betrachtet werden und verwendet die metrische Lösung als Ausgangspunkt für den Iterationsprozeß. Dabei erfolgt die Anpassung der durch das Modell gewonnenen metrischen Werte y nicht direkt an die empirischen, sondern

über monoton angepaßte Rangwerte z. Minimiert wird die Abweichung zwischen z und y in der Streßformel (Größe L = Streß). [Back 90]

$$\min_{f_M} \min_{\beta} L = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{K} (z_k - y_k)^2}{\sum_{k=1}^{K} (y_k - y)^2}} \qquad (2.13)$$

Das Zielkriterium erfordert zweifache Optimierung:
über die Transformation f_M: Anpassen von y an z durch Auffinden von Teilnutzenwerten β (*Gradientenverfahren)*
über die Teilnutzenwerte β: Anpassen von z an y durch Auffinden einer monotonen Transformation (*monotone Regression)*

Typische Fragestellungen im Marketing

Welche psychologische Transformation entsteht beim Kunden durch bestimmte technische Änderungen am Produkt
Welche Produktumgebung schafft das größte Interesse am Produkt
Welches Image haben Produkt und Produktumgebung - wie kann es verbessert werden (Simulation)

Conjoint Analyse findet vor allem dort Anwendung, wo neben den technischen Anforderungen ein gewisses Maß an Service und Betreuung gefordert ist. Vom Standpunkt der Nutzenstiftung kann damit der gebotene Zusatznutzen näher beleuchtet werden. Die in der Literatur beschriebenen Anwendungen können als Analyse des Anforderungsprofils des Kunden bezeichnet werden. Mit den Mitteln der Simulation werden Optimierungen im Hinblick auf die optimale Nutzenstiftung erzielt. [Gree 78]

Kausalanalyse

Anwendungsgebiete	
konfirmatorische Analyse	Hypothesenprüfung

Im Rahmen der Kausalanalyse werden kausale Abhängigkeiten zwischen bestimmten Merkmalen untersucht. Auf der Basis eines theoretisch fundierten Hypothesensystems wird mit Hilfe der Kausalanalyse überprüft, ob die theoretisch aufgestellten Beziehungen mit dem empirisch gewonnenen Datenmaterial übereinstimmen.
Die Besonderheit des **LISREL-Ansatzes** (**Li**near **S**tructural **Rel**ationship) liegt darin, daß mit seiner Hilfe Beziehungen zwischen latenten Variablen überprüft werden können.
Um eine Kausalitätsbeziehung formal erfassen zu können wird der *Korrelationskoeffizient* herangezogen, der definitionsgemäß die durch die Standardabweichung dividierte Kovarianz ist. Die Interpretation der Korrelation ist von den getroffenen Annahmen abhängig:
Zum einen kann *kausal-interpretiert* werden, daß die Variable x_1 verursachend für den Wert der Variablen x_2 ist. (oder umgekehrt).
Zum anderen kann eine *exogene* Größe teilweise oder gänzlich für den Zusammenhang zwischen den Variablen verantwortlich gemacht werden; wobei sich letzteres mit Hilfe des partiellen Korrelationskoeffizienten überprüfen läßt.
Den Ausgangspunkt der Analyse bildet ein hypothetisches Kausalmodell, wobei es sich bewährt hat, das formulierte Modell in einem *Pfaddiagramm* darzustellen.

Aus der mathematischen Formulierung des Pfaddiagramms ergeben sich *Strukturgleichungen* die die Struktur zwischen den Variablen widerspiegeln, wobei die Begriffe *endogene Variable* anstelle abhängiger und *exogene Variable* anstelle unabhängiger eingeführt werden. Die Koeffizienten der Gleichungen können mit Hilfe der Regressionsanalyse im LISREL-Ansatz geschätzt werden oder unmittelbar aus der Korrelationsmatrix der Variablen berechnet werden (*Fundamentaltheorem der Pfadanalyse*). Gemeinsam ist beiden Ansätzen, daß die Variablen gegenüber einem Mittelwert über alle Objekte zentriert und eventuell standardisiert werden.
Der Überlegung, daß die endogenen Variablen nicht vollständig durch die unterstellten Beziehungen erklärt werden können, wird im LISREL-Ansatz durch Einführung einer *Irrtumsvariable* Rechnung getragen.
Nachdem die Regressionsanalyse bereits behandelt wurde soll hier nur das Fundamentaltheorem angeführt werden.

Fundamentaltheorem $r_{ij} = \sum_{q} p_{iq} \cdot r_{qj}$ (2.14)

p = Pfadkoeffizient
r = Korrelationskoeffizient
i, j = Variablen (im Pfaddiagramm verbunden)
q = ...über alle determinierten Variablen

Ausgegangen wird von der Annahme, daß die Irrtumsvariablen nicht mit den determinierenden Variablen (alle Variablen die rechts vom Gleichheitszeichen stehen und dabei auf die links davon stehenden Variablen kausal einwirken) korreliert sind.
Mit Hilfe der gewonnenen Pfadkoeffizienten lassen sich empirische Korrelationswerte nun in kausale und nicht kausale zerlegen. [Back 90]

Typische Fragestellungen im Marketing

Welche produktpolitischen Wirkungen haben Warentests
Welche Auswirkung hat die psychologische Haltung des Verkaufspersonals auf den Umsatz
Welche Auswirkung auf den Absatz hat die Käufer-Einstellung zum Produkt
Die Verwendungsmöglichkeiten der neueren kausalanalytischen Verfahren sind sowohl für die Marketingwissenschaft als auch für die Marketingpraxis von Bedeutung. Sie stellen einerseits Instrumente zur Diagnose und Prognose realer Phänomene bereit, und schaffen andererseits Grundlagen für die Planung von Gestaltungsmaßnahmen und Abschätzung der beabsichtigten Wirkungen wie auch der unbeabsichtigten Neben- und Rückwirkungen. Die Kausalanlyse schafft eine Verbindung von theoretischen, empirischen und meßtechnischen Perspektiven. [Förs 84]

2.2.2 Strukturentdeckende Verfahren

Die Strukturentdeckenden Verfahren finden insbesondere dann Anwendung, wenn im Rahmen einer Erhebung eine Vielzahl von Variablen zu einer bestimmten Fragestellung erhoben wurde und der Anwender an einer Reduktion oder Verdichtung interessiert ist.
In der *Faktorenanalyse* ist die Frage von Bedeutung, ob sich mehrere Merkmale, die zu einem bestimmten Sachverhalt erhoben wurden, auf einige wenige "zentrale Faktoren" zurückführen lassen. Der Anwender erhält Aufschluß über "tragende Dimensionen", die hinter einem Variablenbündel stehen. Während die Faktorenanalyse eine Verdichtung auf Variablenebene vornimmt, versucht die *Clusteranalyse* eine Verdichtung auf Objektebene zu erreichen. Es werden Gruppen (Cluster) gebildet, wobei die Objekte einer Gruppe möglichst homogen, die Gruppen untereinander möglichst heterogen sein sollen.
Globale Ähnlichkeiten zwischen Objekten versucht die *Multidimensionale Skalierung* in einem möglichst gering dimensionierten Raum abzubilden. Die Reduktion im Rahmen der Multidimensionalen Skalierung bezieht sich also auf die "Reduktion des Darstellungsraumes der Ähnlichkeiten" zwischen Objekten. [Back 90]

Faktorenanalyse

Um die hinter den Variablen stehenden Faktoren ermitteln zu können, ist es notwendig zu untersuchen, ob sich aufgrund der Ausgangsbefragung irgendwelche Zusammenhänge zwischen Variablen erkennen lassen. Dieser Kausalitätsfrage dient (wie in der Kausalanalyse) der Korrelationskoeffizient. Vor der *Korrelationsrechnung* empfiehlt es sich die *Ausgangsdatenmatrix zu standardisieren*.
Angesichts klar trennbarer Blöcke innerhalb der Korrelationsmatrix wird ein linearer Zusammenhang zwischen Variablen unter hinter den Blöcken von Variablen stehenden *Faktoren* unterstellt. Die Behauptung, daß sich jeder Beobachtungswert als lineare Kombination von mehreren Faktoren beschreiben läßt, gestattet es nach den Regeln der Matrixrechnung eine Beziehung zwischen Korrelationsmatrix auf der einen Seite und Faktoren und Ausgangsmatrix auf der anderen Seite herzuleiten.
Im zweiten Schritt der Analyse muß nun der Anteil, den die Faktoren an der erklärenden Varianz haben, geschätzt werden (*Kommunalitätenschätzung)*. Zur Bestimmung der Faktorladung sind unterschiedliche Ansätze bekannt. Dabei bedienen sich die Verfahren zumeist entweder der Vektordarstellung (*Zentroid-Methode* als Resultante von Vektoren) oder es handelt sich um iterative Verfahren (*Hauptachsenanalyse)* .
Auf die *Extraktion der Faktoren* wird in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen, da hierzu eine Reihe von Rechentechniken entwickelt wurden und andererseits in Anwendersoftwarepaketen hinreichend realisiert sind.
Im nächsten Schritt stellt sich das Problem, eine Darstellungsform für Faktoren und Variablen zu finden. Dabei kommt die Vorstellung der Matrixstruktur zum Tragen, aus der jeder Dimension eine Koordinatenachse zugeordnet werden kann. Um die beste Positionierung des sich ergebenden Koordinatenkreuzes (graphisch für je 2 in der Ebene darstellbare Faktoren) zu finden, wird das "Faktorenmuster" rotiert. (Analytische Rotation bei mehr als drei Faktoren wird von der Anwendersoftware zu Verfügung gestellt) Das Ziel der Rotation ist es, möglichst viele der Variablen durch Positionierung der Koordinatenachsen (Faktoren) erklären zu können. [Stew 81]

Der Einsatz der Faktorenanalyse im Marketing zielt häufig darauf ab, gesammelte Daten interpretierbar zu machen. Dabei liegt das Hauptaugenmerk darauf die Dimensionen zu differenzieren, durch die sich Personen oder Produkte voneinander unterscheiden. [Acit 86]
Probleme bei der Bestimmung der Faktorladung in den häufigsten Fragestellungen im Marketing:

- Identifizierung von Marktsegmenten an Hand von Ähnlichkeiten in den Persönlichkeitsmerkmalen von Käufern [2]
- Klassenbildung an Hand von Kauf/Konsumhäufigkeiten [3]

haben zur Verbindung dieser multivariaten Technik mit Simulationsmodellen geführt, die

- die günstigste Faktorextraktionstechnik für Marketingfragestellungen [4]
- die optimale Datenbehandlung [5]

herausfiltern sollen.

2: [Pern 74] PERNICA, J.; The Second Generation of Market Segmentation Studies:An Audit of Buying Motivations; in: Wells,W.D.; Life Style and Psychographics; Chicago:AMA; 1974

3: [Ehre 68] EHRENBERG, A.S..C.; On Methods: The Factor Analytic Search for Program Types; J. Advertising Res., 8, 55-63; 1968

4: [Last 91] LASTOVICKA J.L., THAMODARAN, K.; Common Faktor core Estimates in Multiple egression Problems; J. Marketing Res., 28, 105-112; 1991

5: [Kuma 92] KUMAR A., DILLON W.R.; An Integrative Look at the Use of Additive and Multiplicative Covariance Structure Models in the Analysis of MTMM Data; J. Marketing Res., 29, 51-64; 1992

Clusteranalyse

Den Ausgangspunkt der Clusteranalyse bildet eine Rohdatenmatrix mit K Objekten, die durch J Variablen beschrieben werden. Im ersten Schritt geht es darum, die Ähnlichkeit zwischen den Objekten durch die *Distanzmatrix* zu quantifizieren. Maße, die eine Quantifizierung der Ähnlichkeit oder Distanz ermöglichen, werden *Proximitätsmaße* genannt und sind in Abhängigkeit vom Skalenniveau unterschiedlich.(Abb 3.1)

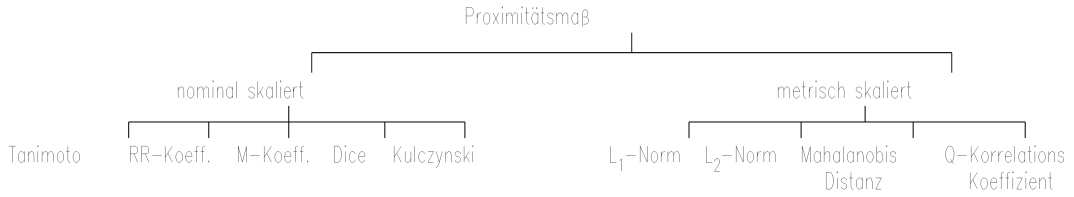


Abb. 2.1: Proximitätsmaße

Die gewonnene Distanzmatrix bildet den Ausgangspunkt der *Cluster-Algorithmen*. Gegenüber monothetischen Verfahren, die zur Gruppierung nur eine Variable verwenden, ziehen polythetische Verfahren alle relevanten Variablen zur Gruppierung von Objekten zusammen. Einen Überblick bietet Abb 2.2.

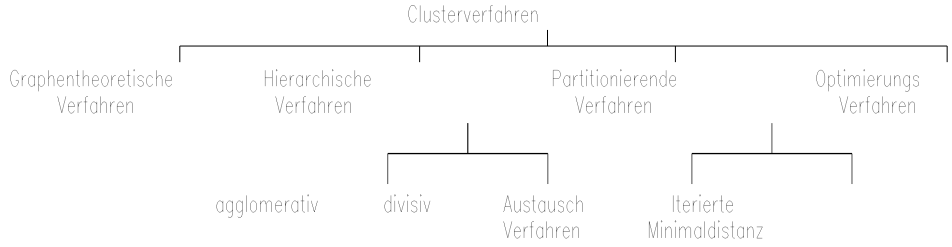


Abb 2.2: Cluster-Algorithmen

Nach der Auswahl des Gruppierungsalgorithmus wird entschieden wieviele Gruppen gebildet werden sollen, und untersucht wie sich die Ergebnisse bei verschiedener Gruppenzahl verändern. [Back 90]
Der Interpretation der unterschiedenen Cluster kommt in der abschließenden Analyse breiter Spielraum zu, weshalb die Stabilität der Ergebnisse durch Veränderung des Ähnlichkeitsmaßes, Wechsel des Algorithmus oder Veränderung der Gruppenzahl geprüft werden sollte. [Murp 79]
Die Realisierung der verschiedenen Algorithmen findet sich wiederum in zahlreicher Anwendersoftware.

Als sicherlich bedeutendstes strukturentdeckendes Verfahren im Marketing finden sich in der Literatur verschiedenste Anwendungen besonders in Richtung Marktsegmentierung. Der prinzipielle Unterschied zur Verwendung der Faktorenanalyse besteht darin, daß in der Clusteranalyse die Interdependenzen zwischen den Merkmalsträgern weniger interessieren. Es ist ein vergleichsweise einfacheres Verfahren, was seine breite Anwendung begünstigt. [Giri 83] Typische Anwendungen sind:

- Produktpositionierung [6]
- Banking [7]
- Konsumverhalten[8]

bzw. die daraus zu bildende Klasseneinteilung zur klassenspezifischen Bearbeitung.

Multidimensionale Skalierung

Bei der multidimensionalen Skalierung (MDS) geht man davon aus, daß Objekte eine Position im Wahrnehmungsraum einer Person haben. Der Wahrnehmungsraum ist in der Regel mehrdimensional. Die Dimension des Wahrnehmungsraums wird als Ergebnis der Analyse angestrebt.
Der Aufbau einer MDS beginnt mit der *Erfassung von Ähnlichkeiten*. In der Literatur werden zahlreiche Methoden zur Erhebung von Ähnlichkeitsurteilen dargestellt, auf die hier nicht näher eingegangen wird.[9]
Die erfaßten Ähnlichkeiten werden in ein *Distanzmodell* übertragen wobei wiederum verschiedene Ansätze zur Verfügung stehen. (Abb 2.3)

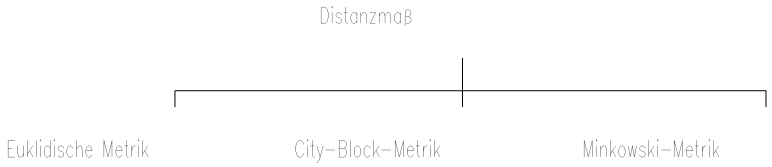


Abb 2.3 Bestimmungsmethoden von Distanzen

Für die Anwendung der MDS ist es anstrebenswert einen zwei- oder dreidimensionalen Raum als Wahrnehmungsraum festzulegen.
Der Algorithmus der MDS, der darauf abzielt, eine Konfiguration zu ermitteln, bei der die Rangfolge der Distanzen zwischen den Objekten möglichst gut die Rangfolge der Ähnlichkeiten wiedergibt, ist iterativ angelegt. Es wird mit einer Ausgangskonfiguration begonnen, die schrittweise verbessert wird. Durch graphische oder analytische Prüfung auf monotone Steigung wird die Monotoniebedingung überprüft. Mit Hilfe von ermittelten "Disparitäten" nichtmonotoner Objekte werden neue Koordinatenwerte ermittelt und aus den Abweichungen der Disparitäten von den Distanzen ein Maß für die Güte der Konfiguration bestimmt (Streß). [Hart 87]

6: [Arab 81] ARABIE P., CARROLL D., DeSARBO W., WIND .; Overlapping Clustering: A New Method for Product Positioning; J.Marketing Res., 18, 310-317; 1981

7: [Morg 78] MORGAN F.W.; Profitability Market Segmentation: Identifying the Heavy Users of Overdraft Checking; J. Business Res., 6, 99-110; 1978

8: [Giri 83] GIRISH P., STEWARD D.W.; Cluster analysis in marketing research: Review and suggestions for application; J.Marketing Res., 20, 134-138; 1983

9: [Gree 72] GREEN P.E.; Multidimensional Scaling and Related Techniques in Marketing Analysis; Boston 1972

Die Entwicklung und Anwendung der MDS im Marketing konzentrierte sich auf den Abschnitt der Produkt-Planung. Entscheidungen über Preispolitik und Markenbezeichnung, das Studium der zukünftigen Distributionskanäle, die Effekte des persönlichen Verkaufs und der Werbung werden häufig durch die Ergebnisse vorgeschalteter MDS mitgetragen. Somit kann die MDS als *das* Werkzeug zur Planung von Neueinführungen bezeichnet werden. Zusätzlich finden sich die bekannten Anwendungen der multivariaten Statistik in der Marktsegmentierung und infolge der Ähnlichkeit mit der *Conjoint-Analyse* Fragestellungen bezüglich der Kundenpräferenzsituation. [Coop 83] Ausgewählte Anwendungen finden sich in der:

- Analyse von Firmen, Image und Stellung [10]
- Preisbildung (im Dienstleistungssektor) [11]
- Änderungen im Käuferverhalten [12]

Ansätze zur Verbesserung der Robustheit von relativ kleinen Stichproben, wie sie bei manchen Marketingproblemen auftreten, finden sich in der Literatur. [Büyü 88]

[10]: [Dowl 88] DOWLING G.R.; Measuring Corporate Images: A Review of Alternative Approaches; J.Busn. Res., 17, 27-34; 1988

[11]:[Carr 88] CARROLL J.D., HOLLISTER B.B., IOSSO R.T., PRUZANSKY S., ROTONDO J.A.; Multidimensional Scaling in Marketing Research: An Illustrative Application to a Telecommunication Pricing Problem;
in: Data Analysis, Decision Support and Expert Knowledge Representation in Marketing and Related Areas of Research; Berlin-Heidelberg:Springer; 1988

[12]:[Okad 88] OKADA A.; Asymmetric Multidimensional Scaling of Car Switching Data;
in: Data Analysis, Decision Support and Expert Knowledge Representation in Marketing and Related Areas of Research; Berlin-Heidelberg:Springer; 1988

2.3 Ansätze in der künstlichen Intelligenz

Die Bezeichnung **Künstliche Intelligenz (KI)** entstand als Übersetzung von *artificial intelligence (AI)*. Sie ist eine Forschungsdisziplin der Informatik und untersucht wie intelligentes Verhalten auf Computer übertragen werden kann oder wie man allgemein mit Hilfe von Computern Probleme löst, die Intelligenzleistung voraussetzen. Dabei erweckt die Bezeichnung oft Erwartungen, die mit der Forschungsdisziplin nichts zu tun haben.
Künstliche Intelligenz ist ein Versuch denkende Maschinen zu schaffen; ein Studium mentaler Fähigkeiten durch Verwendung von Computermodellen. Bei der Frage was diese mentalen Fähigkeiten ausmacht konzentriert sich die Betrachtung bald auf die Begriffe *Bild* und *Sprache* sowie *Verständnis*. Abbildung 2.4 soll den ursprünglichen Aufbau dieser schwer systematisierbaren Wissenschaft darstellen. Anhand dieser Sicht der KI, soll im Folgenden eine Verallgemeinerung des Ansatzes und Überleitung zu den Anwendungen in der Betriebswirtschaft versucht werden.

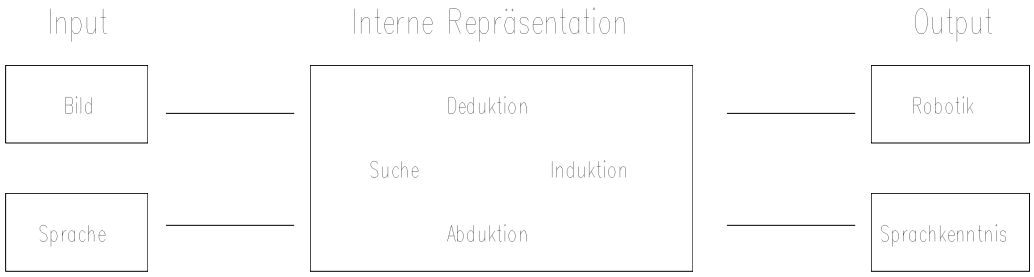


Abb 2.4: Künstliche Intelligenz

Die Problematik der Eingangsparameter läßt sich anhand von Bild und Sprache dokumentieren. Betrachtet man ein Bild, das eine bestimmte Szene darstellt, so vollzieht sich physiologisch eine Abbildung des Betrachteten auf der Netzhaut, Weiterleitung der Information zur Sehrinde und Interpretation im Cortex. Ähnlich ist der Prozeß beim Sprachverständnis. Die mechanisch an das Innenohr weitergeleiteten akustischen Impulse werden ebenfalls in elektrische umgewandelt, an Sprachzentren im Gehirn weitergegeben und interpretiert. Der Prozeß der Interpretation ist eine vielschichtige Bearbeitung der übermittelten Informationen und vollzieht sich in einem System von "Prozeßelementen" (Nervenzellen), das durchaus mit einem Computer verglichen werden kann. Bevor jedoch ein Computer als mehr oder minder intelligentes Gehirn bezeichnet wird, sollten die Verarbeitungsprozesse innerhalb dieser Prozeßelemente näher beleuchtet werden. [Char 85]
Nachdem wohl davon ausgegangen werden kann, daß die Informationen im Zentralnervensystem nach bestimmten Regeln interpretiert werden, tritt die Frage der *Internen Repräsentation* des Inputs und seiner *Transformation* auf. Diese Repräsentation könnte als stilisierte Version der Wirklichkeit bezeichnet werden. Die Interpretation als Lösung oder Optimierung des gewonnenen Inputs. Und um zu einer Lösung zu gelangen bedarf es in jedem Fall eines Weges, auf dem die Lösung gesucht wird.
Diese **Suche** kann natürlich alle möglichen Zustände umfassen und somit als rein kombinatorisches Problem aufgefaßt werden. Was dabei entstehen würde, wäre eine *kombinatorische Explosion* mit enormem Zeitbedarf und Bedarf an "Rechenleistung". Außerdem muß davon ausgegangen werden, daß für bestimmte Probleme keine (eindeutige) Lösung existiert. Ein Suchproblem ist charakterisiert durch einen Ausgangszustand und die Beschreibung des Zielzustands. Der Anfangszustand beschreibt wie die "Welt" gerade ist, der Zielzustand

wie sie aussehen soll. Operatoren charakterisieren Aktionen. Gefordert ist ein Algorithmus, der in der Lage ist, die "beste Lösung" zu finden (Optimum), wobei wiederholte Suche vermieden und lokale Optima so gut als möglich ausgeschlossen werden können. Suchstrategien wie die meisten anderen Themen in der künstlichen Intelligenz, haben zu zwei grundsätzlichen Ansätzen geführt: Ansätze die versuchen das Problem generell zu lösen und solche, die spezielle Heurismen verwenden. [Hend 90]

Deduktion i.w.S. ist eine Ableitungsform bei der ein Ergebnis aus vorausgehenden *Prämissen* abgeleitet wird. *Prädikatenkalkül* und *Aussagenlogik* stellen die Werkzeuge zu dieser Suchstrategie zur Verfügung. Eine derartige Schlußkette ist sehr starr und die Menge erreichbarer Zustände eingeschränkt.
Sowohl in der Speicherorganisation als auch in den Verarbeitungsprinzipien künstlicher Intelligenz finden sich deduktive Strategien. Bei den Suchstrategien können *Vorwärtsverketten* (Orientierung am Ziel) und *Rückwärtsverketten* (es wird von Behauptungen ausgegangen) unterschieden werden. *Skolemnisation* (Ausschluß universaler Maßzahlen) ermöglicht den Einsatz auf verschiedene Ausprägungen der Problemstellung. In der Speicherorganisation finden sich *indizierte Aussagenkalküle* und *Assoziative Netzwerke* (Repräsentationssysteme die auf Graphen basieren, deren Verbindungen Prädikaten entsprechen). Um nicht alle möglichen Situationen in der Datenbank aufzuzeichnen, müssen Wege gefunden werden, die es erlauben, mit sparsamen Mitteln unterschiedlichste Situationen zu beschreiben. Dazu werden oft parametrisierte Zustandsdatenbanken mit Ereignistoken durch einen *Time-map-manager* kontrolliert. [Char 85]
In der angewandten betriebswirtschaftlichen Optimierung finden sich solche *Regelbasierten Programme* in Expertensystemen (Systeme mit - `IF < > THEN < >` - Charakter). [Harm 85]
Das große Maß an Unsicherheit, infolge eines Mangels an Prämissen in manchen Inputsituationen, macht alternative Vorgangsweisen zur Deduktion nötig.

Abduktion i.w.S. ist die Generalisierung von Erklärungen, von dem was um uns herum wahrzunehmen ist. Auf die KI bezogen bedeutet es Ergebnisse zu schaffen, die mehr und mehr glaubhaft bzw. wahrscheinlich sind. Abduktion ist plausibles Schließen (oder wie in der mathematischen Statistik: wahrscheinliches Schließen). Um der Starrheit der Aussagenlogik und der sich ergebenden Problematik bei "multiplen Ausprägungen" des Inputs aus dem Weg zu gehen wurden in der KI *heuristische Techniken* entwickelt, die vor allem in den Expertensystemen Anwendung finden. [Char 85]
Die Behandlung von Problemen des automatischen Schlußfolgerns in Expertensystemen hat eine Reihe von sehr ähnlichen Ansätzen hervorgebracht. Die häufigsten Begriffe mit denen der Leser in diesem Zusammenhang in der Literatur konfrontiert werden kann sind in Tabelle 2.5a) aufgelistet. Auf eine Übersetzung wurde verzichtet, da die Begriffe sich im Laufe der Zeit als Fachtermini etabliert haben. Aus der Sicht der forschenden Disziplinen treten diese Ansätze in verschiedenen Wissenschaften auf (Tabelle 2.6 b), ohne daß bisher eine einheitliche Taxonomie erarbeitet werden konnte.

abductive reasoning
common sense reasoning
default reasoning
nonmonotonic logic
plausible reasoning
probabilistic reasoning
reasoning under uncertainty
truth maintenance
variable-precision logic
fuzzy logic
neural networks

a) Ansätze

operations research
Wahrscheinlichkeitstheorie
Statistik
Informationstheorie
Entscheidungstheorie
Kontrolltheorie
u.a.

b) Forschungsdisziplinen

Tab 2.5: Automatisches Schlußfolgern

Vom Standpunkt der verwendeten Variablen können drei Arten der Abduktion unterschieden werden. In *parametrischen Modellen* haben die Variablen einen Bereich von Zahlenwerten oder Wahrheitswerten. Die Parameter und Formeln müssen vordefiniert sein. Die Bedeutung der Parameter ist unangreifbar und das System bedarf infolge exponentieller Komplexität hoher Berechnungszeiten. Die Semantik des *symbolischen Schlußfolgerns* ist dadurch gekennzeichnet, daß sie jedem Prädikat eine Relation zuteilt, jedem konstanten Symbol ein Objekt und jedem Funktionssymbol eine Funktion. Die "atomaren Grundformeln" (entsprechend den Propositionen im Parametrischen Modell) sind dadurch nicht an Bedeutungen gebunden. *Schließen höherer Ordnung* erweitert die Idee des symbolischen Schließens darauf, daß neben Prädikaten und Funktionssysmbolen auch quantifizierte Variablen zugelassen sind.
Voraussetzungen für "Mangel-Schlüsse sind: Vernünftige, widerspruchsfreie Annahmen - nichtmonotone Prozesse - Anpassungsmöglichkeit verwandter Schlußfolgerungen im Fehlerfall (Wahrheitsverfechtung) - eine Ordnung der Lösungen sowie Praktikabilität in der Handhabung. [Post 90]

Die drei Hauptproblemlösungstypen, an denen sich auch die heuristischen Problemlösungsmethoden orientieren, sind:
- die *Klassifikation*, bei der die Problemlösung aus einer Menge vorgegebener Alternativen ausgewählt wird
- die *Konstruktion*, bei der die Problemlösung aus vorgegebenen Bausteinen zusammengesetzt wird, und
- die *Simulation*, bei der ermittelt wird, wie ein vorgegebenes Systemmodell auf bestimmte Eingaben reagiert.

Die heuristische Klassifikation in der künstlichen Intelligenz eignet sich für Klassifikationsprobleme, bei denen Erfahrungswissen verfügbar ist, welche Merkmale oder Merkmalskombinationen mit welcher Unsicherheit auf Zwischen- und Endlösungen hindeuten. Es wird die Lösung ausgewählt die die höchste Gesamtbewertung auf der Basis der beobachteten Merkmale erzielt. Sie unterscheidet sich von der einfachen Klassifikation dadurch, daß unsicheres Wissen benutzt wird und von der Statistik dadurch, daß die Unsicherheiten geschätzt werden. Der *positive Vorhersagewert* gibt an, wie stark die Anwesenheit des Merkmals auf die Lösung hindeutet, der *negative Vorhersagewert*, wie stark die Abwesenheit des Merkmals gegen die Lösung spricht.
Bei der heuristischen Konstruktion kann die Problemlösung nicht wie bei der Klassifikation ausgewählt werden, sondern muß aus Lösungselementen zusammengesetzt werden. Problemtypen sind: Konfigurierung, Zuordnung und Planung. Aus der Grundidee den Suchraum derart handhabbar zu machen, daß nur sehr wenige Alternativen ausprobiert werden müssen, sind drei Problemlösungsmethoden ableitbar. Beim *Skelett-Konstruieren* ist das Konstruktionswissen hierarchisch in einem nicht-rekursiven Und-Oder-Graphen strukturiert, dessen Expansion heuristisch gesteuert wird. Beim *Vorschlagen und Verbessern* wird heuristisch die lokal beste Alternative vorgeschlagen; bei Sackgassen ein geeigneter Verbesserungsvorschlag ermittelt. Beim *Least-Committment* wird das Problem zunächst strukturell umformuliert, und das einfachere Problem mit *Constraint-Propagierung* (Entscheidungen, die während des Planens offen bleiben, werden als Nebenbedingung notiert) oder Basissuchstrategien gelöst. [Pupp 90]

Für das Problemlösen selbst wird von einem spezifizierten Modell ausgegangen, in dem mittels *Produktionssystem* das jeweilige Problem dargestellt wird. Die Lösung eines derart dargestellten Problems ist ein Graph, der den *Startknoten* entsprechend mit solchen Knoten verbindet, für die die *Endbedingung* erfüllt ist. Es wird eine *Produktionsregel* solange angewendet, bis die Endbedingung erfüllt ist. Die Steuerung der Regelanwendung ist Aufgabe eines *Kontrollsystems*.
Kontrollsysteme, die unwiderrufliche Entscheidungen bei der Auswahl von Produktionsregeln fällen (*irrevocable control*), treffen keinerlei Vorkehrungen für eine spätere Untersuchung von Alternativen. Unter den Systemen, die die Regelauswahl versuchsweise durchführen und durch entsprechende Abspeicherung spätere Alternativensuche ermöglichen, können solche differenziert werden, die nach dem Prinzip FIFO (first-in-first-out) ihre Alternativenverwaltung vollziehen (*breath-first search)* oder nach dem Prinzip LIFO (last-in-first-out) vorgehen (*depth-first search*). Eine lokale Behandlung "gleich alter" Knoten erfolgt durch

Heurismen. Globale Ordnung der Knotenauswahl erfolgt bei der Suche *best-first search*, indem von vorn herein die Suche nach dem "vielversprechendsten" Knoten gerichtet wird. Kombination der Methoden (*bidirectional search*) ist grundsätzlich bei jeder Suche denkbar. [Kain 89]
Im Regelfall kommen Heuristiken ohne Wissensmanipulation immer wieder zum gleichen Ergebnis, selbst wenn dieses falsch ist. Sie sind also noch relativ starr. Daher wird versucht durch *Lernstrategien* Erfahrung zu sammeln, die den Zustand eines "Organismus" (Systems) so verändert, daß neue Zustände möglich sind.

Unter **Induktion** ist das Lernen in seiner ursprünglichen Bedeutung zu verstehen. Durch Untersuchungen einzelner Erscheinungen gelangt der Mensch zu allgemeinen Regeln. Dieses Prinzip wird in der KI in den Lernstrategien nachvollzogen. Dabei können unterschiedliche Ansätze angeführt werden.
Die Grundstruktur der Wissensmanipulation beruht auf einem Nachrichtenaustausch zwischen Objekten. Regeln und Nebenbedingungen sind zugeordnete Prozeduren der Objekte auf die sie sich beziehen. Die Palette des Wissenserwerbs reicht von der interaktiven Wissenseingabe bis zum vollautomatischen Lernen ohne Interaktion während des Lernvorgangs. Die Grundstruktur des Wissenserwerbs in den meisten Expertensystemen besteht im direkten Ausfüllen von Tabellen, Formeleditoren und Graphen. [Pupp 90]

Unter Induktivem Lernen i.e.S. wird das *Lernen aus Beispielen* verstanden. *Lernen durch Problemlösen* beinhaltet das Lernen durch Erfahrungen aus der Vergangenheit ebenso wie aus Experimenten. Weiters können *Lernen durch Beobachtung und Entdeckung* sowie *Lernen durch Instruktionen* unterschieden werden. Nach der Art der Präsentation muß zwischen überwachtem Lernen (Einordnen in bekannte Klassen - Klassifizierung) und nicht überwachtem Lernen (aufgrund von zu findenden Gemeinsamkeiten müssen Klassen gefunden und gebildet werden - Clustering) differenziert werden. [Mich 84]
Zur Darstellung der Idee der Lernregeln soll noch einmal der Bezug zum Gehirn und den Nervenzellen hergestellt werden. Dort muß ein Netz aus Prozeßelementen (Neuronen) mit Inputmustern trainiert werden um beim neuerlichen Auftreten des Musters adäquat reagieren zu können. Konkret wird versucht in *Neuralen Netzen* diese Struktur nachzubilden und die Prozeßelemente in Form von Lernregeln zu implementieren. Die erste, biologisch bisher plausibelste Lernregel wurde von D.O.Hebb (1949) formuliert. Sie besagt:

Wenn Unit a und b zugleich (wiederholt) stark aktiviert sind, so erhöht sich die Stärke ihrer Verbindung (2.15)

Eine andere sehr häufig verwendete Lernregel ist die sogenannte *Delta-Regel*, die es ermöglicht die Stärke der Verbindung (Gewicht) so zu verändern, daß ein bestimmter Eingabevektor mit einem gewünschten Ausgabevektor assoziiert wird. Als Verallgemeinerung der Delta-Regel für verschiedene Topologien gilt die *Back Propagation*. [Köhl 90]
Unterschiedlichste Abwandlungen und Erweiterungen werden in der Literatur beschrieben. Für unsere Betrachtung soll es genügen, das Prinzip maschinellen Lernens zu kennen, um bei Bedarf spezielle Anwendungen zu diskutieren.

Die vom Ansatz her wohl treffendste Realisierung des Versuchs "denkende" bzw. "lernende" Maschinen zu konstruieren, ist die der *Neuralen Netze*. Als primär regelbasierte Systeme steigt bei diesen mit der Komplexität des Problems die Dauer der Rechenzeit überproportional. Bei den primär wissensbasierten Systemen sind es neben dem, mit der Problemgröße überproportional steigenden Speicherbedarf, vor allem die aufwendige Konstruktion und die "holprige" Interaktion mit dem Benutzer, die solche Expertensysteme limitieren.

Ein weiteres Problem in der Implementierung "intelligenter" Maschinen stellt die systembedingte Reduktion auf diskrete Werte dar. Paradoxen wie der *Trugschluß der Megariker* (*Sorit* [griech., Haufen]: "Ein Korn macht keinen Weizenhaufen, auch zwei, drei usw. machen keinen Haufen aus; wann kommt ein solcher zustande? Sagt man etwa >bei fünfhundert<, so wird bemerkt: also macht doch ein Korn einen Haufen aus, nämlich das fünfhundertste macht den Haufen aus." [Logi 83]) kennzeichnen das Problem diskreter Mengen: "den Grenzfall". Gehen wir zurück zur ursprünglichen Sicht und Aufgabe der KI (Abb 2.4) so ist die Sprache und das Sprachverständnis als wichtiger Bestandteil zu sehen (auch in Hinsicht auf unsere Auffassung der

"Welt"). Gerade in der Sprache finden sich Formulierungen wie "vielleicht" oder "fast". Die traditionelle Mengenlehre stellt dafür keine Realisierungsmöglichkeiten zu Verfügung.
Die Theorie der *unscharfen Mengen = fuzzy sets (**fs**)* ist eine Generalisierung der traditionellen Mengenlehre. Die charakteristische Funktion ist von der diskreten Menge {0,1} zum geschlossenen Intervall [0,1] erweitert. Eine *unscharfe Untermenge = fuzzy subset* A von E ist eine Menge von geordneten Paaren:

$$(\chi, \mu_A(\chi)) \qquad \forall \chi \in E \tag{2.16}$$

wobei $\mu_A(\chi)$ den Grad der Zugehörigkeit von χ zu A repräsentiert. [Zade 65]

In den *unscharfen Problemlösungsmethoden* werden Ziele sowie Lösungsraum durch eine oder mehrere fs beschrieben. Nur diejenigen Handlungsalternativen gehören zur optimalen Lösung, die den Zielmengen und der Lösungsmenge angehören, d.h. die Schnittmenge aller Ziel- und Lösungsmengen stellt die Entscheidung eines solchen Problems dar. Die *unscharfe Logik = fuzzy logic (**fl**)* ermöglicht die semantische Interpretation von Aussagen, die nicht eindeutig als wahr oder falsch eingestuft werden können. Die diskreten Wahrheitswerte werden durch einen stetigen Bereich ersetzt. Für Werte aus diesem Bereich werden aussagenlogische Operationen definiert. [Bald 81]

Die folgenden Anwendungen heuristischer Techniken der KI in der Marketing Forschung orientieren sich nicht an Systemkonfigurationen, weshalb auch auf den Terminus "Expertensystem" verzichtet wird, sondern stellen den Methoden der Statistik jene der künstlichen Intelligenz gegenüber. Es wurden daher die *Neuralen Netze*, die der Idee des Gehirns am nächsten kommen, sowie die *unscharfen Mengen*, die ein Heraustreten aus den diskreten Wahrheitswerten erlauben, zur Diskussion herangezogen.

2.3.1 Anwendungen in der Marketingforschung

Der direkte Vergleich von primär wissensbasierten Systemen mit primär regelbasierten Systemen weist darauf hin, daß letztere eindeutig bessere Diagnosewerte liefern. [Mich 81]
Der Einsatz regelbasierter Systeme im Marketing ist zum Teil sicherlich den Forschungen in den Raumfahrtzentren der Vereinigten Staaten zu verdanken. Die Verwendung von *Neuralen Netzen* bei verschiedensten Manövern von Raumfahrzeugen bzw. die Steuerung von Computerarmen bei Arbeiten über Distanzen mittels *fuzzy logic* wurde mit Hilfe der Privatindustrie kommerzialisiert. [Jani 91]
Anwendungen im Marketing wurden sowohl auf ihre Robustheit als auch ihr Laufzeitverhalten untersucht und miteinander verglichen. Eindeutige Klassifizierung oder Anwendungsrichtlinien können zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Forschung natürlich nicht verlangt werden. [Will 81]

Obwohl bereits seit geraumer Zeit in anderen Bereichen im Einsatz, finden sich ***Neurale Netze*** vergleichsweise selten in der Marketing-Forschung. Dies hat sicherlich seine Ursachen in der teilweise überlangen Berechnungszeit für verschiedene Konfigurationen. [Egle 90]
Die Eignung verschiedener Heuristiken auf *Neuralen Netzen* ist sicherlich auch im Marketing unumstritten, und kann, was die Vorhersagefähigkeit betrifft, mit den Methoden in der multivariaten Statistik verglichen werden. [Srin 90]

Weit häufiger trifft man auf ***fuzzy-logic*** Anwendungen in der Marketing-Forschung. Vor allem Preisbildung und Preisentwicklung stellt ein bevorzugtes Gebiet für unscharfe Mengen dar. Dabei wird besonders die einfache Anpassung an verschiedene Benutzer und Problem-Situationen herausgestrichen. [Nego 85]
Eine andere beliebte Anwendung ist die Modellierung von Käuferverhalten sowie die Voraussage von Marktanteilen im Rahmen eines strategischen Marketing. [Geye 88]

2.4 Synopsis

Die vom Verfasser, nach dem Ursprung der Bezeichnung "Heuristik" gewählte Definition berücksichtigt sowohl Vorgangsweisen aus der multivariaten Statistik, als auch Verfahren aus der künstlichen Intelligenz. Das entscheidende Kriterium ist der Mangel an Prämissen, der Suchstrategien in der Analyse und Bewertung von Problemstellungen zur Entscheidungsfindung unter Unsicherheit notwendig macht. Eine graphische Gegenüberstellung (Abb 2.5) soll zeigen, welchem Bereich die einzelnen Ansätze zuzuordnen sind.

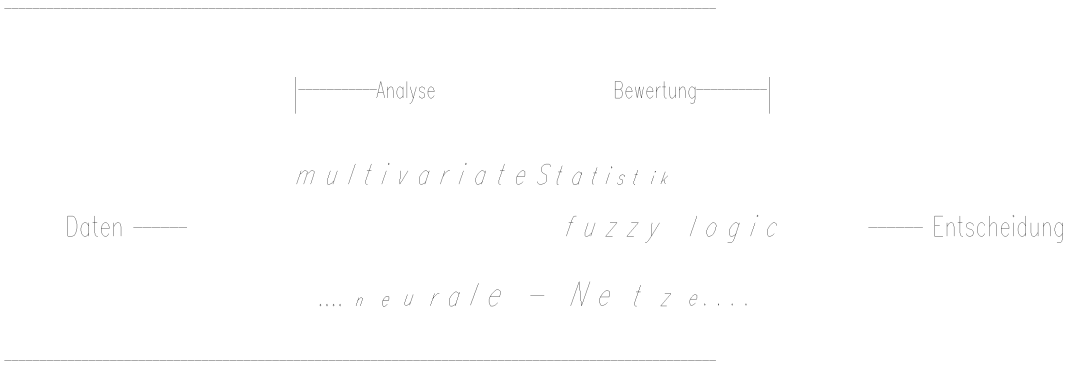


Abb 2.5: Heuristische Ansätze in der Analyse und Bewertung

Während strukturprüfende und strukturentdeckende Verfahren der multivariaten Statistik vorwiegend in der Analysephase zur Anwendung kommen und die Bewertung weitgehend dem Anwender zukommt, bieten ausgewählte Verfahren der künstlichen Intelligenz (Neurale Netze, unscharfe Problemlösungsmethoden) vor allem Bewertungshilfen und Entscheidungsunterstützung. Dabei sind bei letzteren Verfahren solche vorzuziehen, die es gestatten, aufgrund von Produktionsregeln auf unterschiedliche Problemstellungen angewandt zu werden.

3.Übersicht

In der freien Marktwirtschaft kommt es zu einem Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage. Das ökonomische Prinzip ist die Realisierung von Extremwerten im Sinne einer möglichst günstigen Aufwands/Ertrags-Relation. Optimierung ist sowohl für das gesamte Unternehmen, wie auch für die einzelnen betrieblichen Teilbereiche gefordert. Aus der Forderung des strategischen Managements nach einer operativen Organisationseinheit zur Koordination der Angebotspalette mit den Marktanforderungen hat sich das Marketing als integrative Funktion etabliert. Somit fällt die primäre Analyse und Bewertung unternehmensbezogener wie marktbezogener Daten zur betriebswirtschaftlichen Optimierung der Marketingforschung bzw. dem Marketing Management zu.
Gerade in diesem Bereich macht der Mangel an Prämissen Entscheidungen unter Unsicherheit notwendig. Zur Analyse und Bewertung unvollständiger Informationen sind Verfahren gefordert, die einen Weg finden die nichterklärte Varianz zu minimieren und damit die Basis für Entscheidungen optimieren.
Der dennoch große Umfang vorhandener Daten läßt derartige Analyseprobleme zum bevorzugten Einsatzgebiet multivariater Methoden aus der Statistik zum einen und Suchstrategien aus der künstlichen Intelligenz zum anderen werden. Bei letzteren haben sich regelbasierte Systeme wie Neurale Netze oder fuzzy logic den wissensbasierten Systemen als überlegen erwiesen.
Die zum Teil sehr unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten dieser heuristischen Techniken sind in Tabelle 3.1 dargestellt.

	strukturprüfende Statistik	strukturentdeckende Statistik	fuzzy logic	Neurale Netze
Analyse von Werbung und Verkaufsförderung	Regressionsanalyse Varianz/Diskriminanzanalyse			
Analyse von Produkt und Produktumgebung	Conjoint Analyse Kausalanalyse	MDS		
Marktsegmentierung und Produktpositionierung		Faktorenanalyse Clusteranalyse		
Preisbildung		MDS	fl	
Analyse von Käuferverhalten		MDS	fl	
Marketingplanung				div. Alg.

Tab. 3.1: Einsatz heuristischer Analyse- und Bewertungsmethoden im Marketing

II.Abschnitt

4. Gesundheitsindustrie

4.1 Stellung der Gesundheitsindustrie in der Marktwirtschaft

Der Anteil der Ressourcen die dem Gesundheitssystem zur Verfügung gestellt werden nimmt weltweit zu. Die Gesundheitsausgaben beanspruchen alle zehn Jahre ein weiteres Prozent der Ressourcen eines Landes. Unter diesen Gesichtspunkten besteht die Hauptaufgabe der Gesundheitsindustrie darin eine rationale Basis für das Setzen von Prioritäten zu erarbeiten, um den wirksamen Einsatz der vorhandenen Mittel zu fördern. Die Anwendung ökonomischer Gesichtspunkte für die Betrachtung bleibt gerechtfertigt, solange keine ethischen oder weltanschaulichen Grundsätze berührt oder verletzt werden. [Kunz 85]

Die Situation, der wir uns gegenübersehen ist die, daß es ein rein marktwirtschaftliches Gesundheitswesen gar nicht gibt. Sogar in den USA werden 43% der medizinischen Ausgaben vom Staat getragen. Dabei steht dem Finanzierungsmix (öffentlich/privat) ein ebensolcher Angebotsmix gegenüber, wobei zweifellos mehr durch private Leistungserbringer erbracht als finanziert wird. Die aus den internationalen Vergleichen bezüglich der Gesundheitsleistungen und -kosten gewonnenen Erkenntnisse zeigen, daß marktwirtschaftliche Prinzipien, neben ihrer Eignung dem Fortschritt zum Durchbruch zu verhelfen, auch eine Steigerung des sozialen Wohlstandes vermitteln können. [Schn 91]

In der Sozialpolitik stellt die marktwirschaftliche Sicht der Gesundheitsindutrie keine Neuheit dar. *Feldstein (1983)* sieht die ökonomische Komponente in drei Punkten realisiert. Eine dem Arzt sowie dem Patienten zuzuordnende Nachfragefunktion wird durch die Kosten und den Benefit der Gesundheitsleistung modelliert. Die Versorgung durch ein Gesundheitssystem wird in einer Produktions- und Angebotsfunktion zum Ausdruck gebracht. Als Drittes wird die Verteilung anhand eines Verteilungsschlüssels definiert. Angeregt durch die etablierten Optimierungsstrategien der Ökonometrie schlägt er mit alternativen Variablen ausgestattete Modelle vor, die mit den Instrumenten der Ökonometrie optimiert werden.[Feld 83]

Unterschiedliche staatliche Eingriffe in die freie Preisbildung führen bei freiem Warenverkehr zu Verzerrungen in der Wettbewerbswirtschaft. Darüber hinaus führen staatliche Vorschriften bezüglich des Inverkehrbringens von pharmazeutischen Produkten dazu, daß etwa drei Viertel der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen auf die Erfüllung dieser Vorschriften ausgegeben werden. Im medizinischen Bereich kommt es sehr darauf an, wie gut ein Anbieter das Versprechen von Wirksamkeit und Verträglichkeit begründen kann. Als wirksames Instrument dazu dient Werbung, die aber gerade im medizinischen Bereich durch den Gesetzgeber beschränkt wird. [Albr 91]

Es läßt sich festhalten, daß in der Gesundheitsindustrie marktwirtschaftliche Prinzipien unter Kontrolle und Beschränkung durch die öffentliche Hand durchaus ihre Berechtigung haben. Eine dadurch entstehende Verzerrung der Wettbewerbswirtschaft besteht weniger in einer Begünstigung einer Partei, als vielmehr in einer Einschränkung des marktwirtschaftlichen Spielraums im allgemeinen.

3.1.1 Entwicklung der Arzneimittelindustrie

Während früher Arzneimittel-Grundstoffe von der Feinchemikalienindustrie an den Apotheker geliefert und dort zu Arzneimitteln weiterverarbeitet wurden, konzentrierte sich in den letzten Jahrzehnten der Prozeß von der Forschung bis zum Fertigarzneimittel immer mehr innerhalb der Arzneimittelfirmen. Damit wurde die Funktion der Apotheke weitgehend auf eine Abgabestelle von Arzneimitteln eingeschränkt. Durch hohe Forschungsintensität und Ablauffristen von Patentschutzrechten entwickelte sich ein lebhafter Wettbewerb besonders im Bereich von Nachahmerprodukten (Generika). Die Entwicklungszeit von Arzneimitteln bis zur Zulassung betrug 1980 bereits über 10 Jahre und steigt jährlich weiter an. Zwischen der formalen Patentschutzfrist und der tatsächlich nutzbaren Patentlaufzeit bestehen Diskrepanzen, die daher rühren, daß Patente bereits lange vor Zulassung zum Verkauf angemeldet werden. 1980 betrug die durchschnittliche Patentschutzdauer in den OECD Ländern 18 Jahre, der tatsächliche Schutz 7 Jahre. [Bela 88]

Der Gesamtmarkt für Arzneiwaren erreicht gegenwärtig weltweit einen Wert von 165 Mrd. US-$. Davon entfallen 29% auf Nordamerika, 27% auf Westeuropa und 24% auf Ostasien. Die hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen im Zusammenhang mit der Markteinführung eines Medikaments bedingen einen hohen Internationalisierungsgrad der Pharmindustrie. Die Kosten für die Markteinführung belaufen sich auf bis zu 250 Mio. US-$.
Die Beeinflussung des Arzneimittelmarktes durch die Sozialversicherungssysteme zum Zweck der Kostendämpfung geschieht durch unterschiedliche Maßnahmen. In den meisten Ländern haben sich Positivlisten, manchmal in Kombination mit Negativlisten durchgesetzt. Zu den Eigenleistungen des Patienten zählen die Rezeptgebühren, die Selbsmedikation sowie die Kosten für privat bezogene und nicht refundierte Arzneimittel. [Phar 91]

4.2 Gesundheitsindustrie in Österreich

In einer sozialen Marktwirtschaft wie wir sie in Österreich vorfinden, tritt die Situation auf, daß dem Anbieter auf der einen Seite, Partner mit unterschiedlicher Kompetenzverteilung auf der anderen Seite gegenüberstehen.
Die gesundheitspolitische Verantwortung ist dabei auf verschiedenste Interessensgruppen verteilt. Der Einfachheit halber wird auf diesen Mangel an gesundheitspolitischer Strategie nicht weiter eingegangen und das System im folgenden aus wirtschaftlicher Sicht vereinfacht dargestellt.

Auf der Anbieterseite können die Hersteller- und Vertriebsfirmen von Gesundheitsprodukten sowie die Apotheken genannt werden; - wobei den Apotheken bislang kaum mehr als distributive Aufgabenerfüllung zukommt. Auf der Kundenseite sind es Sozialversicherungsträger, Spitalserhalter und Patient, sowie der Arzt als Mittler. Der pharmazeutische Großhandel wirkt als Verteiler an öffentliche Apotheken im Arzneimittelbereich.
Zusammensetzung der Gesundheitsausgaben: Im Jahr 1989 betrugen die Gesundheitsausgaben in Österreich 150 Mrd. Schilling. Davon fielen auf die Sozialversicherungsträger 49%. Spitalserhalter und sonstige Bundesausgaben machten 37% aus; die privaten Gesundheitsausgaben 14%. [Date 92]
Der Anteil der Heilmittel (Arzneimittel und Heilbehelfe - ohne Zahnersatz) an den Gesamtausgaben der Krankenversicherung betrug für den Sozialversicherungsträger in den Achtzigerjahren etwa 13%. [Abel 84]
Mit einem Anteil von 8,4% der Gesundheitsausgaben am Bruttoinlandsprodukt liegt Österreich zwar im Spitzenfeld der Industrieländer, hinsichtlich des Anteils der Arzneimittelausgaben an den Gesundheitsausgaben rangiert Österreich jedoch weit hinter seinen Nachbarn. [Phar 91]

Unter den Gesundheitsprodukten im weitesten Sinn können drei Gruppen identifiziert werden: Arzneimittel (i.w.S.), Heilbehelfe und die große Gruppe der Geräte, Werkzeuge und Materialien. Wir wollen uns im folgenden auf Arzneimittel beschränken.

4.2.1 Arzneimittelmarkt Österreich

Es können nach den Gesichtspunkten des *Arzneimittelgesetzes* [BGBl 83, BGBl 88] prinzipiell zwei Marktformen unterschieden werden: Der Markt der rezeptpflichtigen Arzneimittel (ethische Arzneimittel) und der Markt der nicht rezeptpflichtigen Arzneimittel - OTC (over the counter). 86,8% der Human-Arzneimittelspezialitäten sind in Österreich rezeptpflichtig.
Darüber hinaus kann eine weitere Einteilung erfolgen, die Randsortimente (Homöopathika, Arzneimittel die den Verzehrprodukten zuzurechnen sind, Arzneimittel mit vereinfachten Zulassungsverfahren u.a.) mitberücksichtigt. Nachdem sich kaum genaue Grenzlinien in materialer Hinsicht ziehen lassen, soll auf diese formale Abgrenzung verzichtet werden. Bezüglich der Marktformen bewegen sich diese Produkte in dem Bereich zwischen Lebensmittel und Arzneimittel.

Nach den Gesichtspunkten des Trägers des finanziellen Aufwands auf Kundenseite ist eine Abgrenzung schwieriger zu treffen. Einerseits kann zwischen Krankenanstalten, und öffentlichen Apotheken als Ansprechpartner unterschieden werden, andererseits ist der endgültige Träger der finanziellen Last im Krankenhausmarkt der Spitalserhalter; über die öffentlichen Apotheken entweder der Sozialversicherungsträger (kassenfreie Arzneispezialitäten) oder der Patient. 1990 waren 47,4% aller zugelassenen Arzneispezialitäten kassenfrei. (Nach welchen Kriterien diese Last vom Sozialversicherungsträger auf sich genommen wird, ist zum Teil nur schwer nachvollziehbar und soll daher nicht weiter erörtert werden) Ein immer höherer Anteil des Umsatzes an Pharmaka läuft über die Krankenanstalten ab (1990 bereits 35,7%). Dies entspricht 5,7% des Gesamtaufwands der Krankenanstalten. [Date 92]

Es lassen sich nun folgende Ausprägungen des Arzneimittelmarktes klassifizieren:

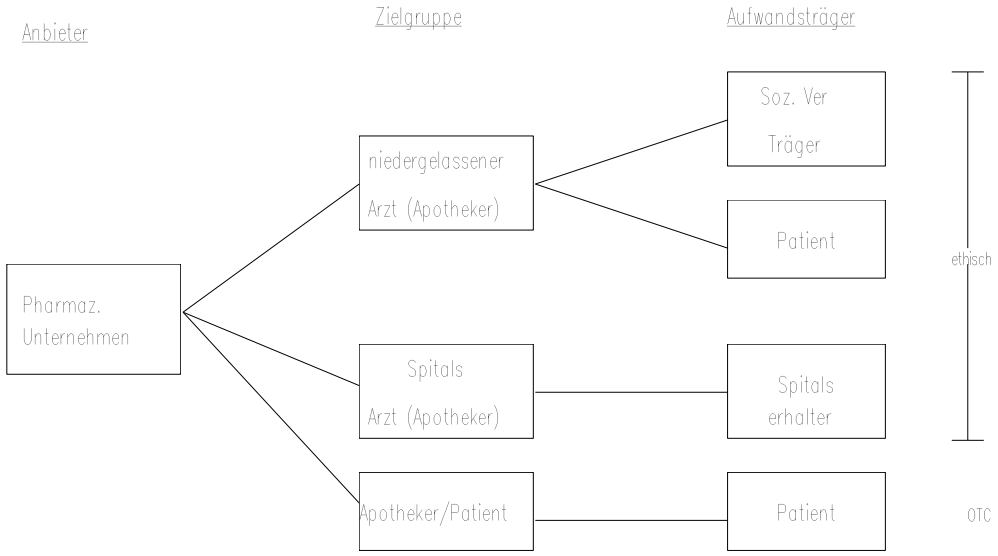


Abb 4.1 Arzneimittelmarkt Österreich

Die Funktion des pharmazeutischen Großhandels besteht im räumlichen, zeitlichen, quantitativen und qualitativen Ausgleich. Die im Inland erzeugten bzw. durch *Depositeure* vertriebenen Arzneimittel werden

entweder über den Großhandel an öffentliche Apotheken oder unmittelbar vom Hersteller bzw. Depositeur an Krankenanstalten geliefert. In Österreich sind derzeit 15 pharmazeutische Großhandelsbetriebe mit 33 Betriebsstätten tätig. Für die Abgabe von Arzneimitteln an den Letztverbraucher besteht ein Arzneimittelmonopol der Apotheken. [Mate 79]

Neben den öffentlichen Apotheken und den Krankenanstaltsapotheken sind noch die sogenannten *Ärztlichen Hausapotheken* anzuführen, deren Bewilligung zur Führung einem Arzt erteilt werden kann, wenn sich in dem betreffenden Ort keine öffentliche Apotheke befindet und mit Rücksicht auf die Entfernung der nächsten öffentlichen Apotheke ein Bedürfnis nach einer solchen Verabreichungsstelle von Heilmitteln besteht.

4.2.2 Arzneimittelindustrie Österreich

Die gegenwärtige Struktur der pharmazeutischen Industrie in Österreich liegt in der historischen Entwicklung dieses Industriezweiges begründet. Mit dem Zerfall der Donaumonarchie verblieb nur ein sehr kleiner Teil an pharmazeutischen Erzeugungsbetrieben auf dem Gebiet der Ersten Republik. Zu dieser Zeit überstiegen die Heilmittelimporte die Exporte bereits um das Fünffache. Mit dem Jahre 1955 setzte eine stetige Entwicklung der pharmazeutischen Industrie in Österreich ein. Die momentane Vormachtstellung ausländischer Konzerne ist teilweise das Ergebnis eines laufenden Konzentrationsprozesses mit Aufgehen österreichischer Betriebe in internationale Konzerne. Vor allem schweizerische, deutsche und amerikanische Unternehmungen haben Tochtergesellschaften in Österreich gegründet oder bestehende Betriebe übernommen. Der Großteil der Produktion wird entweder importiert oder in Österreich nur konfektioniert. [Mate 79] (58,8% der in Österreich verfügbaren Arzneimittel werden zur Zeit importiert)

Von den etwa 220 Betrieben im österreichischen Arzneimittelmarkt halten 115 Firmen 92% des Umsatzes. 1989 wiesen 31 Firmen einen Umsatz von über 100 Mio Schilling aus. Insgesamt findet sich ein Marktwachstum von 7,4% gegenüber einem Preiswachstum von 0.1%. Diese Diskrepanz wird durch die unten beschriebenen Eingriffe der öffentlichen Hand in die Preisgestaltung mitgetragen. [Date 92]

Für die Organisationsstruktur der österreichischen Pharmaunternehmen ergibt sich folgendes Bild:

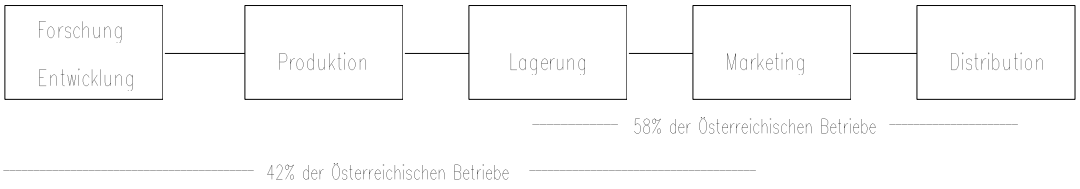


Abb 4.2 Aufbauorganisation der österreichischen Pharmaunternehmen

Sowohl die Entwicklungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Pharmaunternehmen als auch die adäquate gesundheitspolitische Versorgung hängt letztlich von den Marktbedingungen und den Arzneimittelpreisen ab. In Österreich ist von einem Markt für Arzneimittel nur bei großzügigster Auslegung des Begriffs zu sprechen. Tatsächlich dominiert eine doppelte Reglementierung durch die amtliche Preisregelung und durch die Sozialversicherungsträger. [Phar 91]

Arzneimittel unterliegen der amtlichen Preisregelung. Die Bestimmung des volkswirtschaftlich gerechtfertigten Preises obliegt einer durch den Gesundheitsminister eingesetzten Kommission. Das für inländische Erzeuger gültige Kalkulationsschema berücksichtigt die Kosten einschließlich eines Gemeinkostenzuschlags. Bei Preisfestsetzungen bzw. -erhöhungen für Importspezialitäten richtet sich die Preiskommision nach dem Apothekeneinstandspreis des Hersteller- oder Lieferlandes. Die Handelsspanne des Importeurs ist mit 16,5% festgelegt. Nach erfolgter Zulassung und Höchstpreisfestsetzung durch das

Gesundheitsministerium erfolgt das Aufnahmeverfahren des Hauptverbandes im Zuge dessen es zu Preisvereinbarungen mit den Krankenkassen kommt. Bevorzugt bei der Preisbildung sind Arzneimittelspezialitäten, die einen entscheidenden Fortschritt gegenüber der bisherigen Therapie nachweisen können. [Phar 91]
Anhand des Vergleichs von Kaufkraftparitäten läßt sich der Fabriksabgabepreis (Depotabgabepreis) in Österreich als verhältnismäßig niedrig im internationalen Vergleich identifizieren. [Date 92]

Um eine generelle Beurteilungsmöglichkeit für die Unternehmen der Arzneimittelindustrie in Österreich zu ermöglichen wird vereinfacht formuliert und die Verfügbarkeit eines Arzneimittels für herstellende Betriebe und Importbetriebe gleichgesetzt wird. Die Obergrenze des Abgabepreises für Hersteller oder Depositeure wird durch die öffentliche Hand festgelegt. Daraus ergeben sich nun die Rahmenbedingungen unter denen ein kassenfreies Arzneimittel kalkuliert und optimiert werden muß:

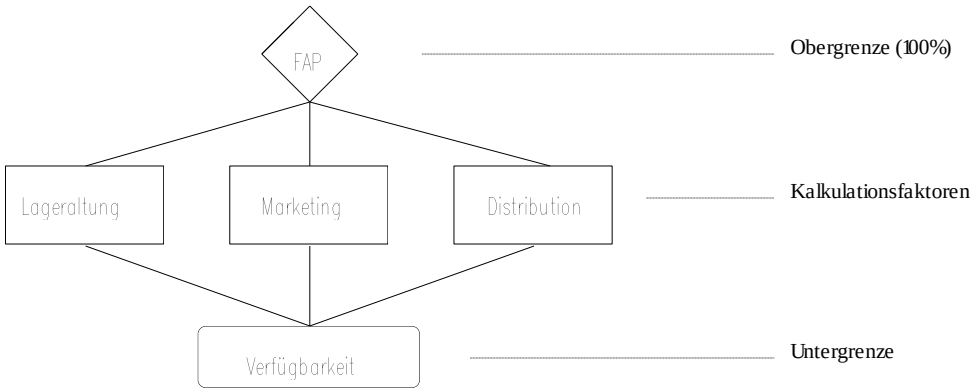


Abb 4.3 Produktkalkulation kassenfreier Arzneimittel

Unter der Voraussetzung, daß die Erfordernisse für das Inverkehrbringen der Arzneimittel erbracht wurden wirken noch in bezug auf die Instrumente der Absatzpolitik unterschiedliche Beschränkungen auf die Vermarktung ein. Neben materialer Richtigkeit von Aussagen und bestimmten Pflichtinformationen sind es die Zielgruppen der Arzneimittelwerbung, die vom Gesetzgeber geregelt werden. Bei ethischen Arzneimitteln sieht die Gesetzeslage vor, allein den Arzt mit Produktwerbung zu konfrontieren. Im Bereich der OTC Produkte ist Publikumswerbung (Patient) gestattet.

4.3 Profitabilität als Fokus der betriebswirtschaftlichen Optimierung in der Arzneimittelindustrie

Im Gegensatz zu der auf reiner Budgetkalkulation aufgebauten Optimierungsstrategie der öffentlichen Hand mit externer Kostendämpfung, ist die Anbieterseite gezwungen sämtliche betriebswirtschaftlichen Optimierungsinstrumente auszunutzen, um den Bestand des Unternehmens zu sichern. Auf alternative Optimierungsstrategien für Spitalserhalter und Sozialversicherungsträger wird nicht weiter eingegangen, nicht zuletzt da das Einbeziehen volkswirtschaftlicher Betrachtungen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Dennoch erlaubt sich der Verfasser darauf hinzuweisen, daß Anregungen und Konzepte für eine

gesamtwirtschaftliche Optimierung im Gesundheitswesen bereits existieren und unter anderem von der pharmazeutischen Industrie eingebracht wurden.

Infolge des geringen Spielraums bei der freien Preisbildung im Arzneimittelmarkt, geht die primäre Zielsetzung der pharmazeutischen Industrie in Richtung **Innovation**. Es tritt die interessante Situation ein, daß aufgrund behördlicher Limitierungen in der Wettbewerbswirtschaft, ein zusätzlicher Ansporn für Forschung und Entwicklung gegeben ist. Auf der anderen Seite bewirken diese Eingriffe, die Förderung billiger Generika und damit volkswirtschaftlich eine Reduktion der Gesundheitsausgaben. [Smit 92]
In Zusammenhang mit den immer kürzer währenden tatsächlichen Patentschutzzeiten (vgl. Abschnitt 3.1.1), führt dies neben einer Verkürzung des Lebenszyklus von Arzneimitteln auch zu einer Verkürzung der Monopolpreisperiode. Die Gefahr die dabei besteht ist, daß bei zu starker gesundsheitspolitischer Preisdämpfung, die Produktion von Generika auch für innovative Firmen langfristig interessanter wird als die, mit hohen Einsatzkosten verbundene Entwicklung neuer und besserer Wirksubstanzen. Der volkswirtschaftliche Schaden einer solchen Entwicklung läßt sich nur schwer abschätzen. [Simo 92]

Eine weitere Zielsetzung ist sicherlich in der **Kosteneinsparung** zu sehen. *Lagerhaltung* oder *Distribution* in der Arzneimittelindustrie unterscheiden sich in ihrer Optimierung nicht von den adaequaten Problemstellungen in anderen Wirtschaftszweigen.
Die Forderung nach möglichst günstiger Verfügbarkeit (möglichst innovativer Produkte) führt einerseits zur Konzentration von Produktionsstätten in Niedriglohnländern bzw. Akquirierung möglichst günstiger Produkte. [Syke 92] Andererseits macht sie den Einsatz von PPS Systemen notwendig.

Als wichtige Zielsetzung in einem preisregulierten Markt ist schließlich noch die **Umsatz**- und **Marktanteilsoptimierung** herauszustreichen. Konzepte zur Realisierung einer höchstmöglichen Profitabilität unter den Gesichtspunkten der Kosteneinsparung und einer intensiven (Produkt)Akquisitionspolitik zu entwickeln, kommt dem Marketing als integrative Funktion im pharmazeutischen Unternehmen zu. (vgl. Abschnitt 1.3.3)

4.3.1 Pharmamarketing

Die Pharmabranche spielt durch ihre Stellung in der Marktwirtschaft eine Doppelrolle, die sich einerseits in der Gewinnorientierung, andererseits in der gesundheitspolitischen Verantwortung manifestiert. Gegenüber anderen Branchen haben Marketingverantwortliche ein bedeutend stärkeres Spannungsverhältnis zwischen privatwirtschaftlichen und sozialpolitischen Interessen zu bewältigen.
Drei verschiedene Zielgruppen erfordern drei verschiedene Anwendungen von Marketinginstrumenten:
Der Mix des *klassischen Produktemarketing* richtet sich an Arzt und Apotheker, zur Erkennung und Befriedigung des Therapiebedürfnisses sowie entsprechender Information und Motivation zur Verschreibung bzw. Empfehlung:

> Produkt- und Sortimentsgestaltung, Produktinformation für den Arzt und Apotheker, Übernahme von Dienstleistungsfunktionen, konditionenpolitische Maßnahmen, Veranstaltungen und Kongresse, Zusammenarbeit mit Ärzten (Meinungsbildnern) bei klinischen Prüfungen[13], und die Publikation wissenschaftlicher Arbeiten.

Das *sozialpolitische Marketing* richtet sich an Regierungsstellen, Preisbehörden und Krankenkassen zur Erlangung der Verkaufsgenehmigung und Kassenzulässigkeit zu einem betriebswirtschaftlich vertretbaren Preis:

---

[13]: *Klinische Prüfung:ist die innerhalb und außerhalb von Krankenanstalten durch den Arzt am Menschen durchgeführte Prüfung eines Arzneimittels. [BGBl 83]*

Hinweise auf wissenschaftlich begründete Vorteile gegenüber bisherigen Therapieformen, Aufzeigen von Preisvorteilen, Aufzeigen sozialer Vorteile wie der Vermeidung oder Verkürzung von Krankenhausaufenthalten.

Die Mittel des *institutionellen Marketing* gegenüber Arbeitskräften, Lieferanten, Endverbrauchern etc. zur Schaffung eines günstigen Klimas für die Bedürfnisse der Unternehmung:

Schaffung einer "corporate identity", Präsentation der Firma als Arbeitgeber und Steuerzahler, Auftreten als verantwortungsbewußte Institution im Gesundheits- und Sozialwesen, Engagement als umweltbewußte Unternehmung. [Gehr 87]

Neben diesen Marketingbegriffen sind vom Standpunkt eines integrierten Pharmamarketing noch zu definieren:

Das *medizinische Marketing*, dessen Aufgaben vor allem in der Anlage von klinischen Prüfungen während der Produktentwicklung und -einführung liegt. Das medizinische Marketing entwickelt dabei die Basis für das Informationsmarketing und das vertriebliche Marketing.

Hauptaufgabe des *Informationsmarketing* ist es, die vom medizinisch- wissenschaftlichen Marketing erarbeiteten Informationen durch geeignete Informationsträger zu verbreiten.

Die Aufgabe des *vertrieblichen Marketing* besteht vor allem in der Absatzförderung unter Ausnutzung der Marketinginstrumente (Werbung, persönlicher Verkauf, PR, Verkaufsförderung), indem auf das vom medizinischen Marketing und Informationsmarketing erstellte Material zurückgegriffen wird. [Frie 88]

Es läßt sich somit eine Plattform darstellen, auf der die Pharma-Marketingstrategie aufgebaut wird [Gehr 87]:

Datenbasis: *Das Produkt* mit seiner technischen und medizinischen Basis. Die Umweltverträglichkeit der Zubereitung und die wirtschaftliche Basis (auch in Hinsicht auf den sozialen Benefit).
Das Umfeld in Therapiestruktur und Lehrmeinungen auf der einen Seite und dem Markt auf der anderen Seite (Länderkonzepte und Erfahrungen sind einzubeziehen). Daraus läßt sich ein

Profil mit Stärken- und Schwächendarstellung ableiten und eine

Chancen- und Problemanalyse zusammenstellen.

Strategie und Zielsetzung werden durch Produktprofil und Positionierung im Markt geprägt. Die Kalkulation der Absatzerwartung erfolgt in Verbindung mit dem

Produktmarketing dessen Realisierung die Aufgabe eines vertrieblichen Marketing darstellt.

4.3.1.1 Pharmamarketing-Praxis

Im Rahmen einer situativ geleiteten empirischen Untersuchung wurde die gegenwärtige Situation eines solchen strategischen Marketing in den Pharmaunternehmen untersucht [Walt 88]:

In einer ersten Projektphase wurden Kontextmerkmale formal erfaßbarer Aktionsvariablen und globale Erfolgskriterien des Pharmamarketing von 450 in Deutschland tätigen Pharmaunternehmen erhoben und mit Hilfe einer clusteranalytischen Auswertung zusammengefaßt. In einer zweiten Phase erfolgte die Untersuchung der konkreten inhaltlichen, methodischen und organisatorischen Ausgestaltung des strategischen Marketing ausgewählter Arzneimittelhersteller.

Die nach den Kontextmerkmalen gebildeten Klassen wurden mit Hilfe der Diskriminanzanlyse beurteilt und interpretiert. Die Analyse einzelner erfolgreicher Unternehmen zeigte eine dynamische Vorgangsweise unter Ausnutzung möglichst differenzierter Marketingstrategien und einen hohen Implementierungsgrad der Marketingplanung auf operativer und taktischer Ebene, wobei die Firmengröße keine entscheidende Einflußgröße darstellt. Der relativ schmale Bereich der Nutzung und Benutzung von Informationsquellen steht im Gegensatz zur Nutzungsintensität intern verfügbarer Quellen.

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen eine klare Korrelation des Unternehmenserfolges mit der Intensität von strategischen Marketingkonzepten erkennen, zeigen aber dennoch ein breites Band von ungenutzter betriebswirtschaftlicher Optimierungsstrategie in der Instrumentierung des Pharmamarketing.

Daß das instrumentelle Pharmamarketing durch außerhalb des Unternehmens liegende Einflußgrößen in seinem marktwirtschaftlichen Spielraum beschränkt wird, und dadurch der Einsatz von (in anderen Branchen etablierten) Methoden zur Optimierung des Mitteleinsatzes nur zögernd Aufnahme findet, sollte kein Grund zur Entwicklung eines branchenspezifischen Spezialmarketings sein. "Im Gegenteil, Anleihen bei anderen Branchen, in anderen als den direkt interessierenden Märkten, würden der Pharmaszene vielleicht da und dort einen Teil des Kolorits erhalten, das es sonst unter dem Einfluß der wachsenden Interventionen von Außen eventuell verliert."[Gehr 87]

4.3.1.2 Marketingforschung in der Arzneimittelindustrie

Betrachtet man den Einsatz der Marketingforschung[14], so zeigt sich gegenüber vergangenen Jahren und Jahrzehnten eine erhebliche Intensivierung. Eine Abgrenzung der Marketingforschung von dem Begriff der Marktforschung zeigt Abbildung 3.4.

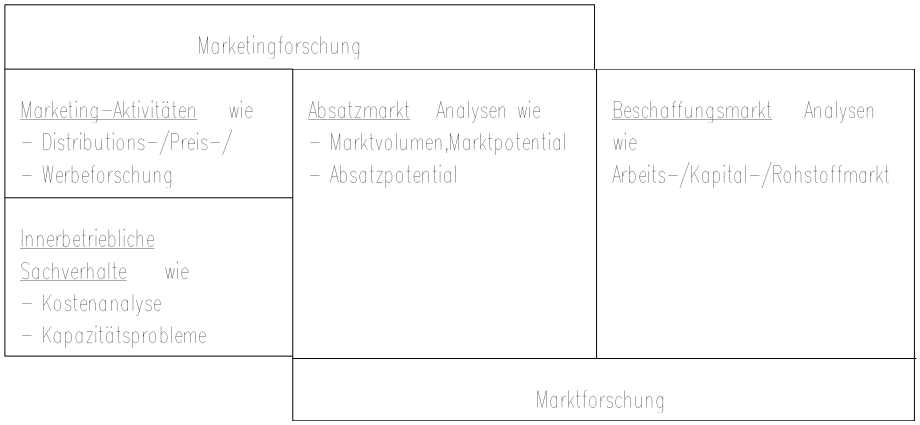


Abb 4.4: aus *Friesewinkel*(1988)

14:*Friesewinkel:"...die gezielte Diagnostik aller Marktreaktionen (wobei wir den Markt dem Begriff Marktpartner gleichsetzen), die sich aus dem Marketingtun ergeben."*

Wie in anderen Branchen ist Marktforschung auch ein Teil der Marketingforschung. Sie ist ein wichtiger Teil der Informationsbeschaffung ("Durch den immer rascheren Ablauf und die Veränderungen der Umwelt wird Erfahrungswissen noch gefährlicher, als es früher schon war."- *Friesewinkel 1988).*

Marketing-Probleme/Entscheidungen	Marktforschungsziele
Suche nach neuen Märkten Überprüfung von Chancen Überprüfung des Marketingkonzepts	Analyse des Marktgeschehens Analyse von Marktsegmenten Prognose der Marktentwicklung
Erstellen eines strategischen Marketingkonzepts	Prätest von Konzepten
Diskussion über einzelne Maßnahmen	Prätest von Maßnahmen und Analyse der Wirkungen; Teilstudien zur Erfassung von Problemen; Prognose der Entwicklung des Bereichs
Bestimmung von Maßnahmen bezogen auf bestimmte Zielgruppen	Voraussage der Wirkung von Maßnahmen
Entdeckung von Marketingproblemen; Wirkungskontrolle	Erfassen von Marktdaten zur Kontrolle der Veränderung des Marktgeschehens

Abb 4.5: aus *Friesewinkel* (1988)

Mindestens ebenso wichtig ist die Systematisierung von Entscheidungsprozessen. - *Friesewinkel (1988):* "Entscheidungsschwache Manager, die zur Gruppe der *decision maker* gehören, versuchen entstehenden Wahlkonflikten entweder dadurch auszuweichen, daß sie ein Mehr an Informationen erlangen oder die Zahl der theoretischen Entscheidungsmethoden permanent erhöhen."
Problemlösungsmethoden, die im pharmazeutischen Marketing eingesetzt werden haben meist Modellcharakter. Dabei ist das Umfeld des Pharma-Marketing viel zu komplex, um das gesamte System in einem einzigen Modell wiederzugeben. Man beschränkt sich zweckmäßigerweise auf einen Aspekt der Problemstellung.
Die in Abschnitt 1.3.2 diskutierten Optimierungsmodelle finden auch bereits im Pharma-Marketing Einzug. Allerdings sind bei ihrer Durchsetzung bisher nur bescheidene Fortschritte erzielt worden.

4.3.1.3 Heuristische Ansätze im Pharmamarketing

In der Analyse und Bewertung von Marketing-Optimierungsproblemen können natürlich auch im Pharma-Marketing heuristische Ansätze nicht fehlen. Such- und Diagnosetechniken beschränkten sich bisher vor allem auf den Einsatz multivariater Methoden der Statistik. Einen Überblick über die Anwendungsbereiche **multivariater Verfahren** im Pharma-Marketing - die sich kaum von denen in anderen Branchen unterscheiden - gibt *Friesewinkel (1988)*. (Tab 3.1)

Regressionsanalyse	Diskussion der Höhe der Marketing-Investition für die Einführung eines Produktes
Varianzanalyse	Art der Darstellung und Präsentationsmodalität beim Kunden
Diskriminanzanalyse	zur Charakterisierung von Typologien durch bestimmte Merkmale des Produkts
Faktorenanalyse	zur Klärung der das Produkt-Image bestimmenden Faktoren
Clusteranalyse	Definition der Wünsche des Arztes an das Produkt und das Marketing-Service, zur Verbesserung therapeutischer Umfeldprobleme
MDS	stellt fest wie das Produkt-Image vom Arzt aufgenommen wird

Tab 4.1: Anwendungsbereiche multivariater Verfahren im Pharmamarketing

Beschrieben wird ein Verfahren zum Aufbau einer adreßabrufbaren Marketingsteuerung. Im Prinzip handelt es sich dabei um eine Zielgruppenbestimmung zur Marktbearbeitung. Das Vorgehen umfaßt eine Kategorisierung von Ärzten hinsichtlich der therapeutischen Entscheidung bei Vorliegen einer bestimmten Indikation und das Zusammenfassen zu Adreßgruppen. Nach einer einfachen empirischen Klassifikation wurden *Clusteranalyse* und *Faktorenanalyse* eingesetzt und mit Hilfe multipler *Diskriminanzanalyse* überprüft.
Mittels Clusteranalyse wurden 94% der Ärzte (n = 700) richtig klassifiziert. Die gesamte, durch sechs Faktoren erklärte Varianz betrug 94%. Für zusätzliche unabhängige Beobachtungen (n = 100) ergab sich eine Güte der Klassifikation von 73% für die Clusteranalyse und 56% für die Faktorenanalyse.
Als Zielgruppen für eine Marketing-Steuerung hat die ermittelte Klassifikation hohe Bedeutung für die permanente Marktpflege. [Frie 88]

Als für das pharmazeutische Marketing tauglich wird das Paket *"COMOS-II-SYSTEM" (**Co**rporate **Mo**delling **S**ystem)* angeführt, wobei jedoch darauf hingewiesen wird, daß statistische Softwaresysteme vom Typ "*SPSS" (**S**tatistical **P**ackage for the **S**ocial **S**ciences)* oder *"BMDP" (**B**io**m**edical **D**ata **P**rogram)* heute gleichermaßen zur Beschreibung von Markt- und Marketingmodellen herangezogen werden können. [Frie 88]

5. Zusammenfassung und Überleitung

In diesem ersten Teil der Arbeit wurden die theoretischen Grundlagen für die Modellerstellung zur betriebswirtschaftlichen Optimierung in der Arzneimittelindustrie erarbeitet.
Wie die allgemeine Diskussion betriebswirtschaftlicher Optimierung zeigte prägt auch im Pharmaunternehmen das Marketing - als integrative Funktion - das Geschehen. Die Realisierung der Unternehmensziele bleibt in starkem Maße abhängig von der Erzielung einer möglichst günstigen Aufwands/Ertrags-Relation. Die besondere Situation der Arzneimittelindustrie im Brennpunkt zwischen Marktwirtschaft und Gesundheitsversorgung bedeutet zwar eine Einschränkung des marktwirtschaftlichen Spielraums, rechtfertigt aber dennoch den Einsatz bisher sträflich vernachlässigter Optimierungsmethoden.
Sowohl Statistik wie auch Künstliche Intelligenz stellen Verfahren zu Verfügung, die es gestatten, Entscheidungen unter Unsicherheit auf eine optimale Basis zu stellen. Die vorangegangenen Betrachtungen konzentrierten sich dabei vor allem auf multivariate Verfahren der Statistik auf der einen Seite, die der Menge an anfallenden Objekten und Merkmalen am ehesten entsprechen, und fuzzy logic bzw. Neuralen Netzen auf der anderen Seite, die der Idee "denkender Maschinen", durch die Möglichkeit einer semantischen Interpretation nicht eindeutig als wahr oder falsch klassifizierbarer Aussagen, bzw. eines dem Gehirn nachempfundenen Aufbaus, am nächsten kommen.

Im folgenden zweiten Abschnitt soll nun versucht werden, mit Hilfe dieser Methoden ein Modell zur Diskussion zu stellen, das an Hand eines konkreten Beispiels versucht den Einsatz von Analyse- und Bewertungsmethoden, wie sie in anderen Branchen seit einiger Zeit Verwendung finden, bei Entscheidungen unter Unsicherheit im Pharmamarketing zu rechtfertigen.

Teil 2

Spezialanalyse

6. Datengestützte heuristische Analyse

6.1 Problemstellung

In diesem speziellen Teil der Arbeit soll anhand einer Analyse eines Segments des Arzneimittelmarktes eine Anwendungsmöglichkeit der im ersten Teil diskutierten Strategien aufgezeigt werden.
Um eine möglichst praxisbezogene Darstellung zu gewährleisten, wurde eine konkrete Problemstellung eines pharmazeutischen Unternehmens mittlerer Größe gewählt. Die notwendigen Daten wurden freundlicherweise von der Firma:

SCHOELLER PHARMA / DONAU-PHARMAZIE CEHASOL

zur Verfügung gestellt. Auf eine Nennung der Produkte des realen Teilmarktes wird verzichtet.

Die Fragestellung richtete sich danach, die im Unternehmen gesammelten Daten zu Teilmarkt und Produkt in Relation zur Produktentwicklung zu setzen, um für künftige Entscheidungssituationen eine optimale Basis zu schaffen.
Als besondere Schwierigkeit galt dabei das relativ geringe Alter der Arzneispezialität einerseits und das relativ kleine Marktsegment andererseits. Es ist sicherlich auch der beispielhaften Datensammlung der Marketingabteilung zu verdanken, daß eine zufriedenstellende Analyse möglich wurde. In diesem Zusammenhang muß der Firma SCHOELLER PHARMA / DONAU-PHARMAZIE CEHASOL (SP) für die ausgezeichnete Zusammenarbeit gedankt werden.

6.2 Daten und Aufbereitung

Für die nachfolgende Analyse wurden einerseits produktbezogene Daten und andererseits Marktdaten zur Verfügung gestellt. Die Daten lagen vom Zeitpunkt der Einführung bis zum Zeitpunkt der Bearbeitung nahezu geschlossen vor.
Die Entwicklung von Markt und Marktteilnehmer wurde halbjährlich oder quartalsweise dokumentiert; zusätzlich zum inländischen Markt lagen begrenzt Daten über einen benachbarten Vergleichsmarkt vor.
Firmeninterne Kapazitäten stellten sich bei der Festlegung von Beurteilungskriterien zur Erhebung qualitativer Daten zur Verfügung.
Neben mit der Problemstellung vertrauten Auskunftgebern wurde in bestimmten Fällen eine unabhängige Kontrollgruppe von 10 fachlich vorgebildeten Personen befragt. Durch Mittelwertbildung wurden die Daten für die Analyse vorbereitet.

6.2.1 Die Daten im einzelnen

Produkte

In unserem Beispiel wurde darauf verzichtet, die Rohdatenerhebung aus Übersichtsgründen auf einen künstlichen Teilmarkt zu beschränken, da mit den 7 Marktteilnehmer eine übersichtliche Gesamtdarstellung ermöglicht wurde.
Die Arzneimittelspezialitäten sollen im folgenden mit Buchstaben bezeichnet werden, wobei das zu optimierende Produkt mit dem Buchstaben ***S*** bezeichnet wird.
Die Produkte heißen in unserem Fall:

Produkt A,
Produkt B,
Produkt C,
Produkt E,
Produkt F,
Produkt G,
Produkt S,

wobei die Reihenfolge der Auflistung der Reihung in bezug auf den Zeitpunkt des Marktauftritts entspricht.

Datengruppe I - Produktbezogene Daten

Die in dieser Gruppe zusammengefaßten Daten betreffen die Eigenschaften und Merkmale der Produkte A bis S und sind in der folgenden Tabelle 6.1 aufgeführt.

Beschreibung	*Kurzbezeichnung*
Anteil am Indikationsgebiet des Marktsegments	Ind
Praktikabilität der Darreichungsformen	Dar
Gestaltung der Packmittel	Pac
Markenbezeichnung	Mar
Dokumentationsqualität	Dok
Firmenimage	Ima
Anzeigenintensität	Anz
Außendienstkapazität	Aus

Tab 6.1: Produktmerkmale

Die Merkmalseigenschaften zur Indikationsabdeckung wurden quantifiziert indem die aus der A*ustria-Codex Fachinformation*[15] für alle Marktteilnehmer ermittelten Indikationen aufgelistet und mit einem Durchschnittswert des Verschreibungsanteils des Gesamtsegments bewertet wurden. Die in den einzelnen Fachinformationen ausgewiesenen Indikationen ergaben in Summe einen Wert der in Beziehung zum Gesamtwert gesetzt wurde.

$$Ind_{Produkt\ x} = \frac{I_{AK\ -\ Produkt\ x}}{I_{Ges}} \qquad (6.1)$$

mit I_{AK} = mit dem Verschreibungsanteil bewertete Indikationen aus dem Austria-Kodex von Produkt x

I_{Ges} = aus allen Marktteilnehmern ermitteltes Gesamtindikationsgebiet des Segments

Die Praktikabilität der Darreichnungsformen wurde ermittelt indem aus 2 Vergleichssegmenten mit ähnlicher Altersverteilung der Patienten, vergleichbarer Indikationsstellung und äquivalenten Möglichkeiten der Spezialitätenzubereitung die 5 umsatzstärksten Produkte bezüglich ihrer Darreichungsformen ($i=1..n$) aufgelistet und mit den entsprechenden Umsatzanteilen bewertet wurden ($W\ i$). Mit diesem Anteilswert wurden die einzelnen Darreichungsformen ($D\ i$) der Produkte (x) unseres Segments multipliziert und für jedes Produkt aufsummiert. Zur Kontrolle wurden 2 unabhängige Kapazitäten (1 Mediziner, 1 leitender Mitarbeiter eines Pharmaunternehmens) zur Beurteilung der Bewertungen herangezogen.

$$Dar_{Produkt\ x} = \sum_{i=1}^{n} (D\ i_{Produkt\ x} \cdot W\ i_{Vergl.M.}) \qquad (6.2)$$

mit $D\ i_{Produkt\ x}$ = Darreichungsform i von Produkt x

$W\ i_{Vergl.M.}$ = aus dem Vergleichsmarkt ermittelte Bewertung der Darreichungsform i

Zur Bewertung der Packmittel wurden 10 unabhängige Personen gebeten die einzelnen Produktkartons auf einer Skala von 0 bis 9 zu beurteilen. Die gemittelten Ergebnisse wurden mit den Beurteilungen, die dem Marketingleiter zu Verfügung standen, verglichen und bestätigt.

Ähnlich wurde mit der Beurteilung der Markenbezeichnung nach Einprägsamkeit und Bestimmungsdefinition verfahren, wobei die Namen für 3 Sekunden präsentiert wurden und die 10 Probanden dieselben nach einer Stunde reproduzieren mußten.

Die Dokumentationsqualität der 7 Arzneimittelspezialitäten wurde anhand der gesammelten Literatur zu den Produkten und den zur Bewerbung verwendeten Studienzitaten von zwei internen Kapazitäten in einer dreiteiligen Skala (gut - mittel - schlecht) bewertet.

Das Firmenimage der einzelnen Anbieter der Produkte wurde einerseits durch die Parameter:

Anzahl der ethischen Produkte der Firma x / Gesamtumsatz dieser Produkte

Anteil der Generika an den ethischen Produkten der Firma x

bestimmt, und andererseits von Mitarbeitern der pharmazeutischen Industrie geschätzt.
Die gesammelten Ergebnisse wurden in einer dreiteiligen Skala (gut - mittel - schlecht) zusammengefaßt.

Leichter zu quantifizieren war die Anzeigenintensität der Anbieter die fraglichen Produkte betreffend, da die Marketingabteilung von SP über diesbezügliche Aufzeichnungen über den Beobachtungszeitraum verfügte.

15: [Code 91] Austria-Codex Fachinformation 1991/92; Wien:Österreichische Apotheker-Verlagsgesellschaft; 1991
Das Bundesgesetz, BGBl. Nr. 185 (Arzneimittelgesetz) sowie die Verordnung, BGBl. Nr. 403, bestimmen, daß Ärzten, Tierärzten, Dentisten und Apothekern eine Fachinformation über Arzneispezialitäten, die der Zulassung unterliegen, zugämglich zu machen ist.

Obwohl die Anzeigenintensität als ein von der Zeit abhängiger Faktor gesehen werden muß und im Gegensatz zu den bisher aufgeführten Produktmerkmalen eine Funktion darstellt, wurde dennoch beschlossen den Faktor in die Datengruppe I aufzunehmen, nachdem sich eine über die Zeit nahezu konstante Intensität nachvollziehen ließ.
Der Faktor Anzeigenintensität wurde somit über die gesamte Periode für jedes Produkt - auf einer dreiteiligen Skala (hoch - mittel - niedrig) - eingestuft.
In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß diese besondere Situation zwar für die Datenaufbereitung eine Erleichterung bringt, die nachfolgende Analyse dadurch jedoch an Aussagekraft und Modellierbarkeit verliert.

Der letzte Faktor der produktbezogenen Daten umfaßt die Außendienstkapazität der Anbieter. Hierzu muß gesagt werden, daß in der pharmazeutischen Industrie üblicherweise die Reihung eines Produktes in der Besprechung durch den Außendienst mit Prozentsätzen bewertet wird. Da in unserem Beispiel hierzu nur unvollständige Daten vorlagen, besonders was die Reihung in den Vorperioden betraf, mußte die Bewertung der einzelnen Außendienste geschätzt werden. Dabei wurden die Mitarbeiter des Wissenschaftlichen Außendienstes[16] mit dem durchschnittlichen Anteil an Verschreibungen durch praktische Ärzte und Internisten bewertet, und die Mitarbeiter des Kaufmännischen Außendienstes[17] mit dem durchschnittlichen Anteil an Verschreibungen durch hausapothekenführende Ärzte bzw. dem Anteil an Selbstmedikation bewertet.

Datengruppe II - marktbezogene Daten

Marktdaten waren vor allem in bezug auf Absatzgrößen, Verteilungmuster und Zielgruppen verfügbar. Die Daten standen metrisch skaliert, zum Teil für das Marktsegment und zum Teil für die umsatzstärksten Produkte zur Verfügung. Im Gegensatz zu den produktbezogenen Daten sind die folgenden, in Abhängigkeit von der Zeit, variabel. Einen Überblick gibt Tabelle 6.2.

Beschreibung	*Kurzbezeichnung*
Gebietsaufteilung des Absatzes	Geb
Altersstruktur der verschreibenden Ärzte	Arz
Altersstruktur der Patienten	Pat
Diagnosen bei der Verschreibung	Dia
Umsätze der Produkte im Beobachtungszeitraum (¼ od. ½ jährl.)	Ums
Umsatzveränderung zur Vorperiode	Ver
Wirkstofftrend im benachbarten Vergleichsmarkt	Trd
Umsatz – 12 Monatswert	U

Tab. 6.2: Marktdaten

[16]: Mitarbeiter, die niedergelassene praktische Ärzte oder Fachärzte besuchen

[17]: Mitarbeiter, die niedergelassene Apotheker und hausapothekenführende Ärzte besuchen

Der Beobachtungszeitraum umfaßte 6 Jahre entsprechend 12 Halbjahren bzw. 24 Quartalen. Um die Konsistenz der Daten zu wahren, wurde in Erwägung gezogen quartalsweise vorzugehen und fehlende Daten zu interpolieren. Nach Sichtung der Daten wurde aufgrund nichtlinearer Zusammenhänge davon abgegangen und eine halbjährliche Erfassung beschlossen.

Die Gebietsaufteilung des Absatzes in 5 geographische Zonen (Geb_{1-5}) stand nur für die gesamte Gruppe der sieben Produkte für den Beobachtungszeitraum zur Verfügung. Zusätzlich waren jedoch Mikroanalysen bis auf Sanitätsbezirksebene[18] für das Produkt **S** verfügbar.

Die Altersstruktur der verschreibenden Ärzte lag ebenfalls nur für das gesamte Marktsegment vor und gliedert sich (Arz_{1-4}) in :

Ärzte unter			40 Jahren
Ärzte von	40	-	50 Jahren
Ärzte von	50	-	60 Jahren
Ärzte über			60 Jahren

Demgegenüber konnten beim Patientenalter Zahlen des Segments, wie auch Zahlen zu den führenden 4 Produkten präsentiert werden. Bei jenen Produkten, für die keine individuellen Häufigkeiten vorlagen, wurde so verfahren, daß zur Ermittlung von Häufigkeiten in einem ersten Schritt die Gesamtverteilungen mit dem Gesamtumsatz multipliziert wurden und davon die mit den entsprechenden Produktumsätzen multiplizierten bekannten Verteilungen abgezogen wurden. Die so ermittelte Verteilung wurden den übrigen Produkten als individuelle Häufigkeiten zugeschrieben. (Es kann darüber diskutiert werden, ob die Einführung solcher künstlicher Variablen legitim ist - die Tatsache das sowohl Anzahl als noch mehr Umsatz/Absatz betreffend individuelle Daten bekannt sind, war für uns eine hinreichende Voraussetzung)
Die Altersstruktur der Patienten wurde auf 4 Bereiche (Pat_{1-4}) beschränkt:

Patienten unter			12 Jahren
Patienten von	12	-	29 Jahren
Patienten von	30	-	65 Jahren
Patienten über			65 Jahren

Nach dem selben Prinzip wurde mit den Diagnosen verfahren, wobei hier in den produktspezifischen Häufigkeiten nur die 4 häufigsten Diagnosen aufgeführt waren, weshalb bei der Berechnung der Diagnosehäufigkeiten für die übrigen Produkte ebenfalls nur diese 4 Diagnosen (Dia_{1-4}) herangezogen wurden.

Nachdem man sich nach der ersten Sichtung der Daten entschloß von den vorhandenen Daten nur die Halbjahreswerte zu nutzen, wurden bei der Aufführung der Umsätze im Beobachtungszeitraum die quartalsweise zur Verfügung stehenden Daten halbjährlich zusammengefaßt.

Ebenso wurde die Umsatzveränderung zur Vorperiode aus den vorhandenen Quartalsdaten halbjährlich ermittelt.

Daten zum Wirkstofftrend in einem benachbarten Vergleichsmarkt wurden zum Großteil aus dem *Arzneimittelverordnungsreport Deutschlands* [Schw 86-91] ermittelt. Dadurch, daß in diesem Fall nur jährliche Daten zur Verfügung standen, mußte hierzu interpoliert werden.

Der 12-Monatswert des Umsatzes der einzelnen Produkte konnte übernommen werden.

[18]: Das Bundesgebiet wird offiziell in 122 Sanitätsbezirke (101 - 923) eingeteilt - vergleichbar mit den politischen Bezirken

6.2.2 Allgemeine Zielvorstellungen

Nachdem von der Überlegung ausgegangen wurde, daß die vorhandenen Daten einen großen Teil des Produkterfolgs erklären können, wurde ein Vorgehen gewählt, das mit Hilfe einer explorativen Datenanalyse die Relevanz der *produktbezogenen Daten* für das Objekt: *Arzneimittel* zum Einen und *Umsatz des Arzneimittels zu definierten Zeitpunkten* zum Anderen, erhebt, um die gewonnenen Faktoren in die zeitbezogene Analyse der Marktdaten einzubinden - was auf Grund des Mangels an zeitabhängigen Produktmerkmalen notwendig erschien.

Erwartet werden Aufschlüsse über den Einfluß der Merkmale von Markt und Produkt auf den Erfolg. Die ermittelten Ergebnisse werden in den betreffenden Abschnitten diskutiert.

Es darf vorausgeschickt werden, daß die folgende Vorgangsweise keinen Anspruch auf Alleingültigkeit erhebt und verschiedene andere Findeverfahren zu ähnlichen Ergebnissen gelangen. Es ist jedoch nicht zu erwarten, daß Methoden außerhalb der Heuristik mit den angewandten Verfahren in diesem Fall konkurrieren können.

Zur Bearbeitung der Daten wurden Anwendersoftwarepakete verwendet, wie sie im Handel erhältlich sind. Eine kurze Beschreibung der Softwareprodukte in den entsprechenden Abschnitten soll einen Einblick in die Arbeitsweise und die Möglichkeiten, die sich über die beschriebenen Anwendungen hinaus eröffnen, geben. Die Dateneingabe wie auch die Analysen wurden mittels *Personalcomputer (PC)* durchgeführt. Zur Durchführung werden zumindest eine *80286 CPU* sowie *1 Megabyte (MB) RAM* benötigt. Die angegebenen Berechnungszeiten beziehen sich auf eine *80386 (40 MHz) CPU*.

Auf eine vollständige Auflistung der Rohdaten wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Darstellungsrelevante Daten werden in den entsprechenden Abschnitten entweder numerisch aufgeführt oder in Kurvenform gegenübergestellt.

6.3 Explorative Analyse von Produktmerkmalen

Bei einer Vielzahl wissenschaftlicher und praktischer Fragestellungen ist es von Interesse, Strukturen in einem empirischen Datensatz zu entdecken. Wir gehen davon aus, daß keine konkreten Vorstellungen über den Zusammenhang zwischen den Produktmerkmalen bestehen und es werden lediglich hypothetische Faktoren als verursachend für empirisch beobachtete Korrelationen angesehen.
In dieser Situation bietet die Faktorenanalyse ein geeignetes Instrumentarium zur Aufdeckung verborgener Strukturen. Im Hinblick auf den methodologischen Standort ist die folgende Analyse in den Entdeckungszusammenhang einzuordnen und als *explorative Faktorenanalyse* zu bezeichnen.

Zur rechnerischen Durchführung der Analyse wurde das Programmpaket **SPSS/PC+®** (**S**tatistical **S**oftware for the **S**ocial **S**ciences / **P**ersonal **C**omputer) verwendet.

Exkurs: SPSS

Die Datenanalyse mit SPSS setzt voraus, daß die Daten in Form einer Matrix angeordnet werden. Das Programm erwartet, daß die Spalten der Matrix sich auf die Variablen (*Produktmerkmale*) beziehen. Die Zeilen der Matrix bilden die Beobachtungen bzw. Fälle, die sich auf die unterschiedlichen Objekte (*Produkte*) beziehen (Abb 6.1).

```
DATA LIST FIXED
  /Ind Dar Pac Mar Dok Ima Anz Aus 1-45(2) Produkt 48-55(A).
VARIABLE LABELS    Ind      "Indikationsabdeckung"
                  /Dar      "Darreichungsform"
                    :              :

VALUE LABELS Ind TO Aus 1 "niedrig" 8 "hoch".
BEGIN DATA
  7.77 4.00 1.50 2.75 6.80 6.20 2.00 8.38  Produkt_A
  6.14 1.60 5.50 4.00 5.00 7.30 3.45 4.39  Produkt_B
   :    :    :    :    :    :    :    :       :
END DATA.


   :


FACTOR VARIABLES Ind TO Aus
   ANALYSIS         = ALL
  /FORMAT           = SORT
  /PRINT            = VARIATE INITIAL CORRELATION EXTRACTION
                      ROTATION FSCORE PREP
  /PLOT             = EIGEN ROTATION (1 2)
  /CRITERIA         = ECONVERGE (0.2)
  /EXTRACTION       = PAF
  /ROTATION         = VARIMAX.
FINISH.
```

Abb 6.1: SPSS Steuerdatei

Dadurch, daß mit Hilfe einer Menüsteuerung im Baukastensystem die einzelnen Befehle und Befehlsketten Schritt für Schritt zusammengesetzt werden können, lassen sich für den Ungeübten Schreibfehler oder Fehler beim Aufbau der Befehle weitgehend vermeiden.

Abb 6.2: Schematisches Monitorbild der SPSS-Menüsteuerung

Das eigentliche Steuermenü mit den SPSS/PC+® Befehlen befindet sich in der linken oberen Hälfte (`Hauptmenue`). Die dazugehörigen Kommentare und Erklärungen finden sich in der etwas größeren rechten oberen Hälfte (`orientation`). Darunter findet sich über die gesamte Breite des Bildschirms die Arbeitsplatte. Im letzten Fünftel des Bildschirms befindet sich die sogenannte Statuszeile. Sie gibt Auskunft in welchem Arbeitsmodus sich der Anwender befindet.
Die Steuerung, das heißt der Aufruf einzelner Befehle und Operationen, erfolgt im Menümodus immer nach dem gleichen Schema. Zuerst wird die gewünschte Option mit Hilfe des Cursor ausgewählt und durch die Return-Taste auf die Arbeitsplatte geführt. Dadurch werden automatisch Untermenüs geöffnet, wodurch eine hierarchische Arbeitsabfolge gewährleistet ist. Zu jedem Untermenü erscheint im Fenster `orientation` ein Kommentar oder eine Erklärung.

Die Steuerung von SPSS gestaltet sich am einfachsten mithilfe einer *Steuerdatei*, die neben den zu analysierenden Daten auch die SPSS-Kommandos enthält.
Die SPSS-"Sprache" setzt sich aus sprachlichen, numerischen und symbolischen Elementen zusammen. Kommandos beginnen immer mit einem Schlüsselwort, das auch den Namen des Kommandos bildet.
SPSS-Kommandos: Kommandos zur Datendefinition (z.B. `DATA LIST`)
Prozedurkommandos (z.B. `FACTOR`)
Hilfskommandos (z.B. `FINISH`)
Kommandos zur Datendefinition legen Beginn und Ende der Datenmatrix, das Datenformat oder die Beschreibung und Bezeichnung der Variablen (Spezifikationen) fest. Prozedurkommandos dienen im Sprachgebrauch von SPSS dazu, Daten einzulesen zu verarbeiten oder sie auszugeben. Spezifikationen von Variablen oder Trennung von Unterkommandos erfolgt durch Schrägstrich (/). Kommandos, die weder Datendefinition noch Datenanalyse betreffen, können als Hilfskommandos bezeichnet werden. [19]

[19]: siehe auch [SPSS 90] SPSS User´s Guide, NewYork:SPSS Inc.1990

Um eine Steuerdatei zur Ausführung zu bringen, wird das SPSS-Programm mit der Steuerdatei aufgerufen. Die folgende Faktorenanalyse wurde in dieser Art mittels SPSS/PC+® gerechnet. Die Kommandos zur Faktorenanalyse zeigt Abb 6.1.

6.3.1 Faktorenanalyse

In einem ersten Schritt wird zunächst die Datenmatrix standardisiert und in eine Korrelationsmatrix übergeführt.

```
Correlation Matrix:

               Ind       Dar       Pac       Mar       Dok       Ima       Anz       Aus

Ind        1.00000
Dar        -.07150   1.00000
Pak        -.33319    .12700   1.00000
Mar        -.17997   -.69850    .46429   1.00000
Dok        -.37387   -.13320    .90579    .71510   1.00000
Ima        -.39529    .44450    .50000   -.32143    .14302   1.00000
Anz        -.11590   -.23760    .57765    .75724    .53531   -.31180   1.00000
Aus        -.40619    .51951    .23647   -.52401    .03812    .62055   -.55500   1.00000
```

Abb 6.3: Korrelationsmatrix

Die Schätzung der Kommunalitäten, also des Anteils der durch die gemeinsamen Faktoren zu erklärenden Varianz, wurde durch ein iteratives Verfahren (`PAF`) vorgenommen.

Die Zahl der maximal möglichen Faktoren entspricht der Zahl der Variablen. Da gerade diese Zahl kleiner sein soll als die der Variablen, ist zu entscheiden wieviele Faktoren extrahiert werden sollen. Dazu stehen verschiedene Alternativen zur Verfügung:

```
Initial Statistics:

Variable    Communality    Factor    Eigenvalue    Pct of Var    Cum Pct

Ind             .40619       1        3.29512        41.2          41.2
Dar             .69850       2        2.72871        34.1          75.3
Pac             .90579       3        1.03455        12.9          88.2
Mar             .72627       4         .47132         5.9          94.1
Dok             .90579       5         .39246         4.9          99.0
Ima             .62055       6         .07784         1.0         100.0
Anz             .72627       7         .00003          .0         100.0
Aus             .62055       8         .00000          .0         100.0
```

Abb 6.4: Extrahierte Faktoren mit Erklärungsanteil

Nach der Regel: Extrahiere so lange bis 95% der Varianz erklärt sind ergeben sich vier Faktoren, nach dem Kaiserkriterium (extrahiere nur Faktoren mit Eigenwerten größer 1) ergeben sich drei Faktoren (Abb 6.4).
Nach dem gewählten Kaiser-Kriterium erklären die drei Faktoren zusammen über 88% der Ausgangsvarianz.

Die unrotierte Faktorladungsmatrix für die drei-faktorielle Lösung läßt vermuten, daß der *Markenname* die *Dokumentationsqualität* und die *Anzeigenintensität* mit dem Faktor 1 zu tun haben, während *Firmenimage*, *Packungsgestaltung* und *Außendienst* mit dem Faktor 2 korrelieren. (Abb 6.5 oben)
Die Kommunalitäten auf der Basis des iterativen Verfahrens im Rahmen der Hauptachsenanalyse deuten darauf hin, daß die *Indikationsabdeckung* durch die gefundenen Faktoren nur zu einem relativ geringen Teil erklärbar ist (Abb 6.5 unten). (Die Eigenwertanteile geben an, wieviel der jeweilige Faktor an Erklärungsanteil bezüglich aller Ausgangsvariablen besitzt.)

```
Factor Matrix:

               Factor  1    Factor  2    Factor  3

Mar              .90106      -.21099      -.20933
Dok              .85637       .44106      -.05331
Anz              .81040      -.09123       .40234

Ima             -.14576       .77382      -.00889
Aus             -.40735       .72976      -.18366
Pac              .68395       .69238       .14298
Dar             -.44385       .55313       .47401
Ind             -.13603      -.50238       .40651


Final Statistics:

Variable      Communality    Factor    Eigenvalue    Pct of Var    Cum Pct

Ind                .43614         1        3.07249          38.4         38.4
Dar                .72736         2        2.41645          30.2         68.6
Pac                .96763         3         .65272           8.2         76.8
Mar                .90024
Dok                .93074
Ima                .62012
Anz                .82694
Aus                .73221
```

Abb 6.5: Unrotiertes Faktorextraktionsergebnis

Um aus den unendlich vielen Möglichkeiten der Positionierung eines Koordinatenkreuzes die interpretationsfähigste bestimmen zu können, wird das ermittelte Faktorenmuster rotiert. Diese Rotation ist so zu verstehen, daß wir (im zweidimensionalen Fall) ein Koordinatenkreuz so drehen, daß möglichst viele Faktoren auf einer der beiden Achsen liegen.
Das Ergebnis der analytischen Lösung bei Hauptachsenanalyse (`VARIMAX`) zeigt Abbildung 6.6. Es sei vorausgeschickt, daß eine Interpretation der Faktoren immer von sehr subjektiven Sichtweisen geprägt ist. So kann auch in diesem Fall eine eindeutige Beurteilung nicht garantiert werden.
Nachdem die Konsequenzen, die sich aus der Interpretation ergeben, im nächsten Abschnitt Verwendung finden, würde sich aber eine Fehleinschätzung auch auf die folgenden Analysen sichtbar auswirken.

Rotated Factor Matrix

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Dok	.89198	-.17140	.32515
Pac	.88832	.18711	.37881
Anz	.81211	-.16937	-.37247
Dar	-.05167	.84651	.09158
Mar	.65742	-.68284	-.04215
Aus	-.16665	-.50487	.67048
Ind	-.16471	.02974	-.63885
Ima	.13503	.52336	.57270

Abb 6.6: Rotierte Faktormatrix

Bei Betrachtung der hochladenden Variablen ist die Korrelation der Merkmale in bezug auf den Faktor, durch das Vorzeichen gekennzeichnet, hoch negativ oder hoch positiv.

Interpretation:

Faktor 1: Die Schwierigkeit einer Interpretation zeigt sich bereits beim ersten Faktor. Obwohl verständlich, daß in diesem Marktsegment der Qualität der wissenschaftlichen *Dokumentation* gleichermaßen wie der *Anzeigenhäufigkeit* Bedeutung beigemessen werden muß, ist es dennoch verwunderlich, daß zwar die *Packmittelgestaltung* sehr hoch mit diesem Faktor korreliert nicht aber die Markenbezeichnung. Als Faktorbezeichnung könnte gewählt werden: Die wissenschaftliche und ästhetische Präsentation.

Faktor 2: Dieser wird hauptsächlich durch die *Darreichungsform* geprägt. Zusätzlich wird dieser Faktor interessanterweise durch den *Markennamen* bestimmt. Es läßt sich daraus unter anderem schließen, daß hier die Akzeptanz beim Patienten ihren Niederschlag findet, der das Medikament zu sich nimmt und als Einziger zuerst mit dem Namen konfrontiert wird.

Faktor 3: Ein typischer Faktor für einen Außendienst-intensiven Markt. Die *Anzahl der Außendienstmitarbeiter*, das *Firmenimage* und die *Indikationsabdeckung* begleiten die Effektivität der Außendienstbesuche in jedem pharmazeutischen Unternehmen

Als Schätzer für die Produktpositionierung zeigt die *multiple* Regressionsrechnung für unser gefragtes Produkt im Gegensatz zu allen übrigen Produkten eine Extremposition mit überdurchschnittlicher Ausprägung des Faktors 1. (Dabei muß sich der Leser in Erinnerung rufen, daß es sich dabei um skalierte Werte handelt.)
Wie stark sich nun Änderungen in den Produktmerkmalen auf den Umsatz der Produkte und im speziellen des Produkts S auswirken können, soll die folgende Analyse zeigen. Sie soll uns auch bei der weiteren Interpretation der Faktorenanalyse helfen.

6.4 Zeitabhängige Analyse marktbezogener Daten

Um Zusammenhänge und Entwicklungsmöglichkeiten in einem Marktgeschehen aufdecken zu können, muß man sich der "Geschichte" des entsprechenden Marktsegments zuwenden. Wie in Abschnitt 6.2 aufgeführt stehen uns Marktdaten der letzten 6 Jahre halbjährlich zu Verfügung. Bereits eine einfache graphische Gegenüberstellung würde selbst dem Laien Informationen bringen. Diese Informationen betreffen das "*Wie"* der Entwicklung im Untersuchungszeitraum.
Die Antworten, die der Untersucher meistens sucht, gehen aber weit über das *Wie* hinaus und umfassen zumeist die Fragen "***Warum***" oder *"**Was wäre wenn**"*.
Ein Teil der Fragen kann sich der Leser aus der vorangegangenen Untersuchung bereits zum Teil beantworten, wenn der Umsatzerfolg der Produkte A bis S den Faktorwerten gegenübergestellt würde. Zumeist interessiert jedoch eine quantitative Beantwortung der Fragen zur Planung der künftigen Strategie.

Wie bereits in *Teil I* diskutiert, bieten Verfahren aus der künstlichen Intelligenz derartige Bewertungshilfen und Entscheidungsunterstützungen. Mit einem System "künstlicher Neurone" soll deshalb im folgenden versucht werden die Fragen *Warum* und *Was wäre wenn* für unser Marktsegment und im speziellen für das Produkt S zu beantworten. Bevor wir uns der Analyse selbst zuwenden, soll die Art und Weise in der diese "künstlichen Neurone" für uns arbeiten sollen kurz beleuchtet werden.

6.4.1 Neurale Netze

In einem künstlichen *Neuralen Netz* ist die Einheit des *Prozeßelements (PE)* als Analogon zum biologischen Neuron zu sehen. Ebenso wie das biologische Äquivalent ist es mit anderen PEs verbunden um angeregt zu werden bzw. Impulse auszusenden. Das Resultat von verschiedenen Informationen die auf das PE eintreffen ist ein internes *Aktivitätsniveau*, das über eine *Transferfunktion* aus den Inputwerten generiert wird. Dieses Aktivitätsniveau wird nun als Output an die nächsten PEs weitergegeben und stellt einen Teil deren Inputs dar. (Abb 6.7)

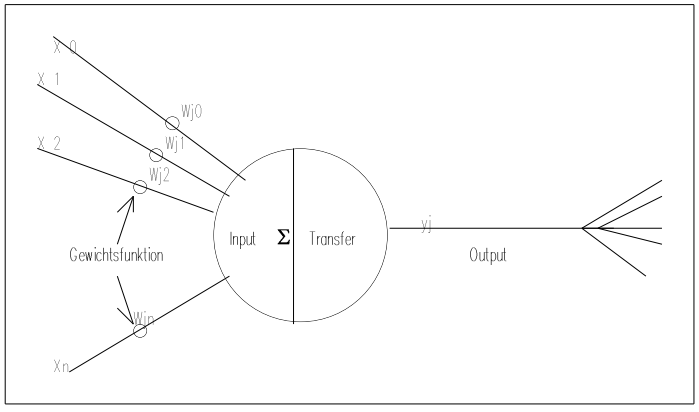


Abb 6.7: Prozeßelement

In Neuralen Netzen sind diese Prozeßelemente oft zu *Schichten* angeordnet und einerseits mit dem *Inputbuffer* ,worüber die Daten dem Netz präsentiert werden, andererseits mit einem *Outputbuffer,* der die Antwort des Netzes beinhaltet, verbunden.

Es sind zwei Hauptphasen bei der Arbeit von Netzwerken zu unterscheiden. Zum einen der *Lernprozeß* und zum anderen das *Abrufen*.
Anders als in traditionellen *Experten Systemen,* in denen das Wissen explizit ausgedrückt ist, generiert ein Neurales Netz seine Regeln selbst, indem es aus Beispielen lernt. Eine weitere wichtige Charakteristik ist die Art in der die "Erinnerung" gespeichert wird - die verteilte Speicherung. Diese verteilten Speicher werden durch die Gewichtsfunktionen der einzelnen PEs repräsentiert. Dadurch wird erreicht, daß Neurale Netze *fehlertolerant* sind, was heißt: das Verhalten des Netzes wird durch den Ausfall eines oder mehrerer Elemente nur leicht gestört.

Das Lernen vollzieht sich, indem dem Netz Stimuli am Inputbuffer und ein gewünschtes Ergebnis am Outputbuffer präsentiert werden. Um aus den Stimuli zu dem gewünschten Ergebnis zu gelangen, müssen die PEs ihre Gewichtsfunktionen anpassen. (Ist der gewünschte Output vom Input verschieden, spricht man von *hetero-assoziativen Netzen*; ist für alle Lernbeispiele der Inputvektor gleich dem Outputvektor, spricht man von *auto-assoziativen Netzen*)
Wichtig für den Lernerfolg des Netzes ist der *Lernplan*. In ihm wird festgelegt, wie und wann die Gewichte adaptiert werden sollen.
Das Abrufen erfolgt einerseits bereits während des Lernens, um ein gewünschtes Ergebnis mit dem aktuellen ermittelten Ergebnis zu vergleichen und daraus die Größe des *Irrtums* zu bestimmen, andererseits um ein trainiertes Netz mit neuen Stimuli zu konfrontieren.

Das prinzipielle Problem, den Irrtum eines aktuellen Ergebnisses den richtigen PEs zuzuschreiben, um deren Gewichtsfunktion anpassen zu können, wird am besten durch die *generalisierte Delta-Regel* oder auch ***Backpropagation-Algorithmus*** gelöst. Wie der Name bereits andeutet wird der ermittelte Irrtum als Information an die vorangehenden PEs zurückgegeben bis die Inputschicht erreicht ist. Jedes PE kann mit dieser Information die eigene Gewichtung solange verbessern bis der Irrtum des Ergebnisses eine gewisse Grenze unterschritten hat.

6.4.1.1 Backpropagation Netzwerke

Das typische Backpropagation Netzwerk besteht aus einer Inputschicht, einer Outputschicht und zumindest einer dazwischenliegenden *verdeckten Schicht*. Jede Schicht ist mit der folgenden vollständig verbunden (jedes PE von Schicht x ist mit jedem PE von Schicht y verbunden).
Jedes PE summiert die gewichteten Inputstimuli

$$I_j^{[s]} = \sum_{i=0}^{n} W_{ji}^{[s]} \; X_i^{[s-1]} \qquad (6.3)$$

mit $X_{j[s]}$ = aktueller Output des j-ten PE in Schicht s
$W_{ji[s]}$ = Gewicht der Verbindung des i-ten PE in Schicht s-1 mit dem j-ten PE in Schicht s
$I_{j[s]}$ = gewichtete Summe des Inputs von PE-j in Schicht-s

Der Output des PE wird als Funktion der gewichteten Summe $I_j^{[s]}$ formuliert. Gewöhnlich handelt es sich dabei um die *Sigmoid Funktion*, gebräuchlich sind aber auch die *Sinusfunktion* oder die *Hyperbolische Tangensfunktion.*

Der *lokale* Irrtum jedes PE ($e_j^{[s]}=-\delta E/\delta I_j^{[s]}$) der zurück*propagiert* wird, wird über die Transferfunktion skaliert. Die Gewichte werden über einen Lernkoeffizienten (l_{coeff}) zusammen mit dem aktuellen Output und dem lokalen Irrtum eingestellt:

$$w_{ji}^{[s]} = l_{coeff} \cdot e_j^{[s]} \cdot x_i^{[s-1]} \qquad (6.4)$$

Der lokale Irrtum am $PE^{[s]}$ ergibt sich aber erst durch das Zurückgeben eines *globalen* Irrtums, der in der Output Schicht entsteht.

Variationen des Standard-Algorithmus betreffen vor allem die *Irrtumsfunktionen* aber auch die *Lernrate*. Veränderungen der Gewichte in Form einer linearen Funktion würde der Erkenntnis entgegenwirken, daß der Lernerfolg kontinuierlich kleiner wird. Die Einführung eines *Momentum-Terms*, der die Gewichtsveränderung bei der vorangegangenen Anpassung als zusätzliche Information für die aktuelle Anpassung zur Verfügung stellt, wirkt wie ein Filter, der Oszillationen verhindert.

Zur rechnerischen Umsetzung der Neuralen Netze wurde das Programmpaket **NeuralWorks Professional II+/PC , NeuralWorks Explorer, User-Defined Neuro-Dynamics® (NWorks)** verwendet.

Exkurs: NWORKS

Das Programmpaket *NWorks®* präsentiert sich dem Anwender als Menügesteuertes, Mausunterstütztes Softwareprodukt, das ab Version 4.01 für die meisten Anwendungen neben Zeilenmenüs auch Symbolmenüs zu Verfügung stellt.

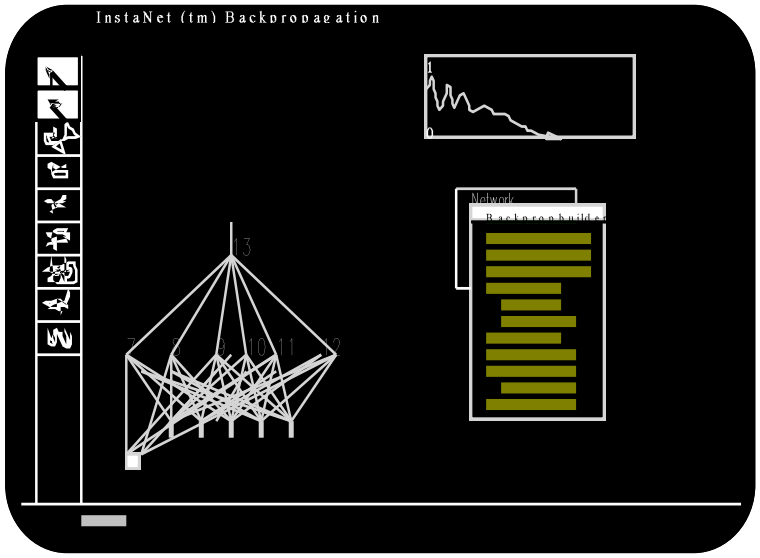


Abb 6.8: Schematisches Monitorbild *NWorks®*

Entworfene Netze, Kontrollinstrumente und Zeilenmenüs können am Bildschirm beliebig angeordnet werden. Es können sowohl vordefinierte Netze geöffnet, als auch individuelle Anwendungen konstruiert und gespeichert werden.
Unter den vordefinierten Netzen finden sich neben auto-assoziativen und hetero-assoziativen Netzen auch andere Algorithmen aus der künstlichen Intelligenz bis hin zur *Boltzmann Maschine*.
Der Benutzer hat andererseits die Möglichkeit beim Entwurf individueller Anwendungen, Prozeßelemente, Verbindungen und Schichten in Darstellungsart und Funktionsweise selbst zu editieren. Gleiches gilt für Lern- und Abrufpläne. Verschiedene Kontrollinstrumente erlauben den Lernfortschritt mitzuverfolgen.

Neben der direkten Dateneingabe über die Tastatur, stellt *NWorks* ein generelles Dateiformat für das Einlesen von Daten in Netze zur Verfügung. Dieses Format schließt Standart-*Spreadsheet* Dateiformate (*Lotus 1-2-3, Excel, u.a.*) ein, in denen Datenfelder durch Kommas, Leerzeichen oder Tabulatoren, und Dateifelder durch Zeilentrennung separiert sind. Kommentare werden durch Rufzeichen von den Daten getrennt. (Abb 6.9)

```
!     Geb1   Geb2   Geb3   Geb4   Geb5   Arz1   Arz2   Arz3   Arz4   Pat1   Pat2
! Pat3   Pat4   Dia1   Dia2   Dia3   Dia4   Ums    Ver    Trd    U
      29.50  20.80  28.70  10.00  11.00  44.30  33.70   8.50  13.50  21.10  14.00
& 42.30  22.40  46.00  40.00   9.00   1.00  12.41  -1.00 -18.10  50.52  ! ProduktA
        .      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .
&   .      .      .      .      .      .      .      .      .      .    ! ProduktB

        :      :      :      :      :      :      :      :      :      :      :
```

Abb 6.9: Inputfile für *NWorks*

Das Rohdatenmaterial ist oft in unterschiedlichsten Größenordnungen präsent, weshalb eine Option zur Verfügung steht, um die Werte über ein zu wählendes Minimum und Maximum zu skalieren. Üblicherweise werden die Werte durch Division durch das jeweilige Spaltenmaximum zwischen 0 und 1 skaliert bei Verwendung einer sigmoiden Übergangsfunktion oder zwischen -1 und +1 bei Verwendung einer Hyperbolischen Tangensfunktion.

Mit der Festlegung der Anzahl der Objektmerkmale und somit der Spaltenanzahl des Inputfiles, wird auch die Anzahl der PEs in der Inputschicht festgelegt. Die Anzahl der PEs für den Output richtet sich auch nach dem verwendeten Algorithmus - im Fall des Backpropagation-Algorithmus 1. In Abbildung 6.9 werden 20 Inputwerte (`Geb1 .. Trd`) zur Verarbeitung herangezogen. Der letzte Wert vor dem Rufzeichen ist der gewünscht Outputwert, den es für dieses Dateifeld zu erlernen gilt.
Von dieser Inputpräsentation ist nun auch die Konstruktion des Restnetzes zwischen Inputschicht (im Fall für Abb 6.9 - 20 PEs) und Outputschicht (im Fall für Abb 6.9 - 1 PE für den *Backpropagation-Algorithmus*) abhängig. Genaue Richtlinien hierzu existieren dabei nicht und es bleibt oft der Erfahrung des Untersuchers überlassen, wie das Netz konfiguriert wird. [20]

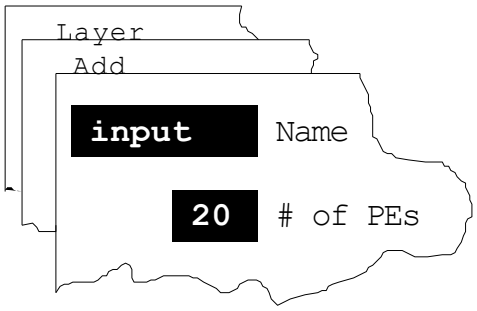
Die folgende Analyse wurde an Hand von *Backpropagation-Netzwerken* mit Hilfe des Programmpakets **NeuralWorks Professional II+/PC®** durchgeführt.

[20]: siehe auch [Neur 90] Neural Works Professional and Neural Works Explorer Volume 1-2, NeuralWare Inc.,USA; 1990

6.4.2 Netzwerk Session

Für die erste Analyse wurden die unter "Datengruppe II" in Abschnitt 6.2.1 zusammengefaßten marktbezogenen Daten herangezogen. Der Aufbau der entsprechenden Inputdatei ist der Abbildung 6.9 zu entnehmen.

Entsprechend den 20 Inputparametern wurde die erste Schicht mit 20 PEs besetzt. Ein *"Bias"* Element als 21. PE fungiert als konstanter Referenzfaktor (vergleichbar mit der *Erdung* in einem elektrischen Kreislauf).



a)

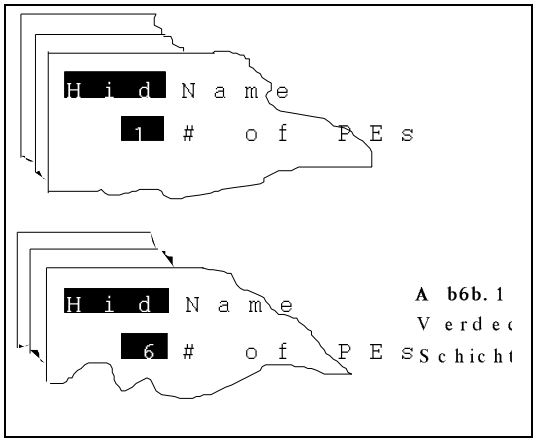
Summation Function	Sum
Transfer Function	Linear
Scaling:Scale	1.0
Offset	0.0
Limits: Low Limit	-999.
High Limit	+999.
Error Function	Standart
Output Function	Direct
Learning Rule	None
F´Offset	0.0
Init Low	-0.1
Init High	0.1

b)

Abb 6.10: Inputschicht

Die Funktion "`Summation`" regelt die Art, in der die verschiedenen Inputkanäle der Prozeßelemente behandelt werden. Im Fall der Inputschicht, in der kein PE über einen Vorgänger verfügt, spielt diese Funktion eine untergeordnete Rolle. Ebenso soll der Input unverändert an die nächste Schicht weitergegeben werden, weshalb die "`Transfer Funktion`" linear ausgerichtet ist.
Wichtig ist die lineare Transformation des Outputs dieser Schicht, die ja mit den Rohdaten operiert. Bei Verwendung einer *sigmoiden* Übergangsfunktion empfiehlt es sich die Werte zwischen 0 und 1 zu skalieren (`Scaling`).
Für manche Netzwerktypen ist es notwendig den Output der Prozeßelemente zu limitieren (`Limit`).In unserem Fall wurden die Grundeinstellungen belassen.
Bei der Wahl der Behandlung des aktuellen Irrtums ist zu überlegen, ob nach seiner Überprüfung die Gewichtsfunktion verändert werden soll und wie der aktuelle Irrtum interpretiert werden soll. Ein `F´Offset` Wert von 0.0 garantiert, daß das Netz auf jeden Fall weiterlernt, da dieser Wert als Grenzwert für die Größe des Irrtums nicht unterschritten werden kann. Neben der direkten Übernahme des Wertes (`Error Funktion - Standart`) besteht die Möglichkeit den Irrtumswert quadratisch oder kubisch überzubewerten.
Der Output dieser Schicht soll danach direkt weitergegeben werden (`Output Function - Direct`). Eine spezielle Lernregel für unsere Inputschicht ist nicht notwendig. (`Learning Rule - None`)
Als letztes sind noch die entreffenden Gewichte zu limitieren um *"overlearning"* zu vermeiden. (`Init`)

Es wurde entschieden auf die Inputschicht 2 verdeckte Schichten folgen zu lassen, nachdem sich in mehreren Durchläufen mit einer oder drei verdeckten Schichten entweder die Güte des Netzes verminderte oder die Laufzeit ohne signifikanteVerbesserung der Konvergenz verlängerte.



Die beiden verdeckten Schichten wurden zu Beginn mit 12 bzw. 6 PEs besetzt und übereinstimmend konfiguriert.

Summation Function	Sum
Transfer Function	Sigmoid
Scaling: Scale	1.0
Offset	0.0
Limits: Low	-999.
High	+999
Output Function	Direct
Error Function	Standart
Learning Rule	Delta Rule
F´Offset	0.0
Init Low	-0.1
Init High	0.1

Die Sigmoiden Übergangsfunktionen könnten dabei zur Folge haben, daß extrem hohe oder extrem niedrige Werte schlecht erlernt werden, da die Funktion bei der Verteilung zwischen 0 und 1 die Intervalle gegen die Extrema kleiner hält. Da unser Datenmaterial aber kaum über Spitzen verfügt, wurden diesbezügliche Bedenken verworfen.
Die Wahl der *Delta Regel* (`Learning Rule`) entspricht der etablierten Auffassung von Backpropagation Netzen. Der Irrtum wird dabei als die Differenz zwischen dem gewünschten Output und dem aktuellen Output berechnet. Dieser Irrtum, transformiert über die Transferfunktion, wird zur davor liegenden Schicht zurückgegeben und wird somit zum Term für diese Schicht. Die Gewichtsanpassungsgleichung für das PE lautet:

$$w_{ij}' = w_{ij} + C1 \cdot e_i \cdot x_{ij} + C2 \cdot m_{ij} \quad (6.5)$$

$$m_{ij}' = w_{ij}' - w_{ij} \quad (6.6)$$

Der angepaßte Gewichtsvektor w' wird aus dem bestehenden Gewichtsvektor w und dem mit dem Irrtum e bewerteten Input x einerseits, sowie dem Momentumterm m (= der Gewichtsveränderung bei der letzten Anpassung) andererseits, generiert. Mit Hilfe der Lernkoeffizienten ($C1$, $C2$) kann die Stärke der Anpassung über die Anzahl der Lernschritte variiert werden.

Network Type		Hetero-As.			
Control Strategy		Backprop			
L/R Schedule		Backprop			
Learn Count	1000	2000	3000	4000	5000
Temperatur	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Coeffizient 1	0.5000	0.3000	0.1000	0.0500	0.0000
Coeffizient 2	0.9000	0.9000	0.8000	0.7000	0.6000
Coeffizient 3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Abb 6.12: Netzwerk-*Learn / Recall Schedule*

Der Untersucher kann diese Koeffizienten in Abhängigkeit vom Arbeitsfortschritt auf die Lernrate Einfluß nehmen lassen (Abb 6.12). In unseren ersten Netzen wurde der Koeffizient C_1 stufenweise abgesenkt, ausgehend von der Überlegung gelernte Netze durch Ausreißer in den Daten nicht zu sehr zu beeinflussen. Der Koeffizient C_2, zur Modellierung des Momentums, wurde dagegen erst vergleichsweise spät gesenkt, da die Gewichtsveränderung in weit engeren Dimensionen zu sehen ist. Auf die Einführung eines Störfaktors (`Temperatur`), zur Verhinderung von lokalen Minima, konnte verzichtet werden.

Die letzte Schicht wurde in Übereinstimmung mit der Datenrepräsentation und der Netzwerkkonfiguration mit einem PE besetzt und in der gleichen Weise modelliert wie die PEs in den verdeckten Schichten.

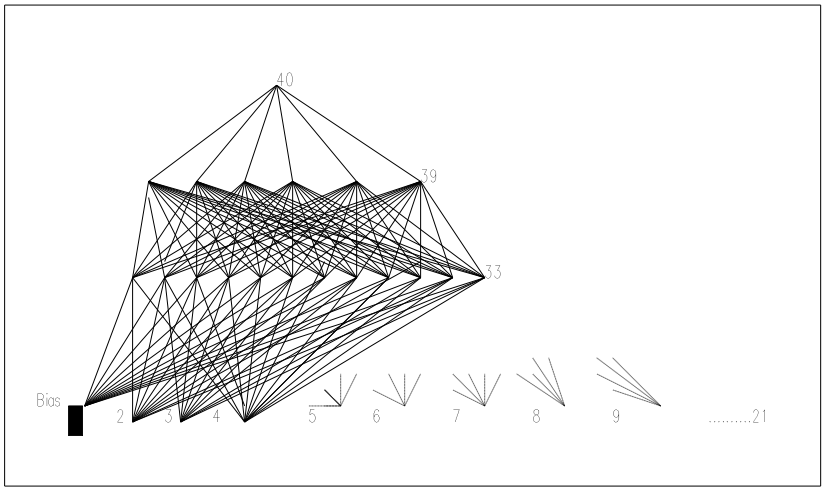


Abb 6.13: Stilisiertes Backpropagation Netz

Nach Angabe der Schnittstellen wurde das generierte Netz (Abb 6.13) mit den Daten konfrontiert. Um die optischen Kontrollinstrumente einrichten und erste Laufzeitabschätzungen protokollieren zu können wurde mit einer geringen Anzahl von Lernschritten (n = 2000) begonnen. Dabei konnte festgestellt werden, daß das Netz nach etwa 700 Datenzeilen (entspricht ca. 8 Netzaufenthalten für jeden Datensatz) bereits deutlich konvergierte und die Wurzel des mittleren Outputirrtums bewegte sich bald im Bereich von etwa 0.2 (Abbildung 6.8 zeigt dieses Instrument in der rechten oberen Monitorhälfte).
Durch laufende Vergrößerung der Anzahl der Lernschritte konnte bis zu einem n von 5000 eine sichtbare Verbesserung der Netzgüte erzielt werden. Ab etwa 10000 Lernschritten konnte auch auf analytischem Weg keine Verbesserung der gelernten Netze nachgewiesen werden.

Um eine möglichst gute Konfiguration zu finden, wurden Variationen am Netz wie auch an den Inputdaten, durch Hereinnahme oder Weglassen von bestimmten Objektmerkmalen (auch unter Berücksichtigung der in der explorativen Analyse der Produktdaten gefundenen Erkenntnisse), durchgeführt. Als Kriterien für die Güte der einzelnen Modelle wurde einerseits die Konvergenz mit der Lerndatei, andererseits die Vorhersagekraft mit einer Prüfdatei herangezogen. Dazu muß gesagt werden, daß die zu Verfügung stehenden Daten chronologisch gereiht wurden und die Daten der Perioden 3 - 10 in die Lerndatei sowie die Daten der letzten beiden Perioden in die Prüfdatei aufgenommen wurden. Dadurch konnte gleichzeitig eine Überprüfung der aktuellen Konfiguration auf ihre Vorhersagekraft erzielt werden.

6.4.2.1 Modelle und Ergebnisse

Dateneingabe und Analyse wurden mit Hilfe des Programmpakets **EXCEL®** durchgeführt. Einzelne Phasen der Analyse sind im Anhang zu diesem Kapitel (*Anhang.I* Blatt 1 und 2) dokumentiert.

Die schrittweise Eichung der Netzwerkkonfigurationen wurde mit dem Aufruf der gesamten Lerndatei als "*Recall*" begonnen. Dabei wurde durch Variation von Netzwerkparametern eine möglichst geringe Abweichung der vom Netz ermittelten Outputparametern (Umsatz U) von den Realwerten zu erzielen versucht. Die 20 Inputparameter wurden unverändert übernommen.
Mit dem in Abbildung 6.12 dargestellten Lernplan und einer Konfiguration, die sich nur durch eine quadratische `Error Function` in der zweiten verdeckten Schicht von der dargestellten unterschied, konnte nach 8000 Lernschritten (entsprechend ca. 115 Netzaufenthalten jedes Datensatzes) ein zufriedenstellender Lernerfolg verzeichnet werden (Abb 6.14).

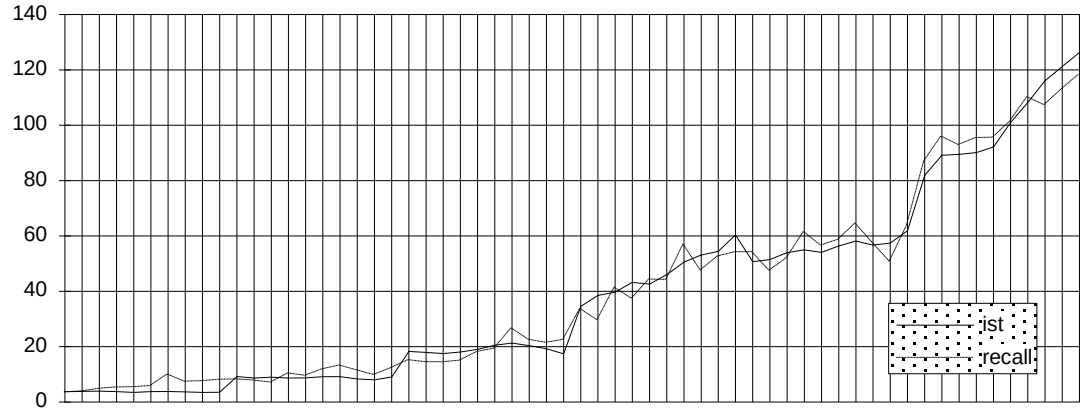


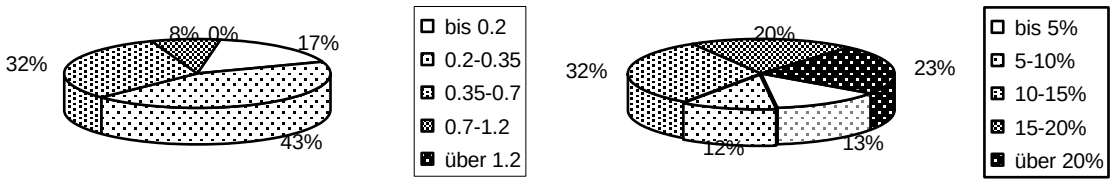
Abb 6.14: Recall und Echtwerte

Um den Erfolg der Netz*performance* auch quantifizieren zu können, wurde einerseits die Abweichung der Abrufwerte (*recall*) in Geldeinheiten (GE), andererseits die Abweichung in Prozent vom jeweiligen *Ist*wert gemessen. Dazu muß gesagt werden, daß das Volumen des gesamten Marktsegments zum Untersuchungszeitpunkt etwa 350×10^5 GE betrug und der Marktführer über etwa 34% vom Gesamtsegment oder 12×10^5 GE verfügte.
Als *Performance Index (PI)* wurde daher eine graphische Darstellung der betragsmäßigen (PI_1) und prozentuellen (PI_2) Abweichungen gewählt. Die ermittelten Differenzen zwischen *ist* und *recall* wurden in den Grenzen:

PI_1:		PI_2:	
	bis 0.2×10^5		bis 5 %
	$(0.2 - 0.35) \times 10^5$		5 – 10 %
	$(0.35 - 0.7) \times 10^5$		10 – 15 %
	$(0.7 - 1.2) \times 10^5$		15 – 20 %
	über 1.2×10^5		über 20 %

ermittelt und gegenübergestellt. Eine *"pie*-Graphik" Darstellung soll die folgende Dokumentation der Entwicklung begleiten.

Das mit Hilfe der Marktdaten konfigurierte Netz erbrachte eine tendenziell gute Lernrate, zeigte aber bei entsprechender Analyse vor allem in den niedrigen Umsatzbereichen eine unzufriedenstellende Performance in der prozentuellen Abweichung. Starke betragsmäßige Abweichungen wiesen naturgemäß die umsatzstärkeren Produkte auf. (siehe auch Anhang.I, 1. Blatt, recall 1)
Die Indizes für die Performance sind der Abbilung 6.15 zu entnehmen.



a) PI_1 **b)** PI_2

Abb 6.15: Performance

Bessere Ergebnisse konnten durch Hinzunahme einer künstlichen Variablen erzielt werden, die an Stelle der 4 Diagnosen Dia_{1-4} gesetzt wurde und aus dem produktbezogenen Merkmal: Anteil am Indikationsgebiet des Marktsegments – und den: Diagnosen bei Verschreibung - gebildet wurde. Darüberhinaus wurde das Marktmerkmal Gebiet (Geb_{1-5}) fallengelassen (- nachdem es nur für das Gesamtsegment vorlag, konnte es zur Erklärung der Produktumsätze nur wenig beitragen -) und stattdessen das Produktmerkmal Außendienstkapazität aufgenommen. Unter Betrachtung der Ergebnisse der Faktorenanalyse bedeutet dies, daß die den *Faktor 3* stark bestimmenden (heißt: hoch ladenden) Merkmale in die Netzanalyse aufgenommen wurden. In diesem Zusammenhang muß auf die enge Korrelation zwischen dem, den zweiten Faktor hauptsächlich bestimmenden Merkmal: *Darreichungsform* und die Altersverteilung der Patienten hingewiesen werden. Das heißt, daß sowohl der *Faktor 2* als auch der *Faktor 3* aus der statistischen Analyse in veränderter Form im Inputfile für die folgende Netz-Analyse präsent ist. Verzichtet wurde darüberhinaus auf den Parameter: Umsatzveränderung zur Vorperiode.

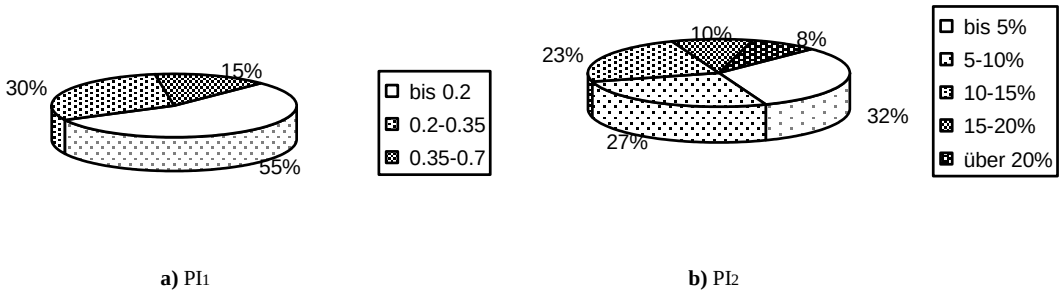
Unter diesen Voraussetzungen konnte mit der folgenden Netzkonfiguration (Tab 6.3) eine deutliche Verbesserung des Lernerfolgs erreicht werden. (Abb 6.16) - siehe auch Anhang.I, 1.Blatt, recall 2.

Netzwerk	# PEs	Transferfunktion	Lernregel
Inputschicht	12	Linear	None
1. verdeckte Schicht	8	Sigmoid	Delta
2. verdeckte Schicht	4	Sigmoid	Delta
Outputschicht	1	Sigmoid	Delta

Lernzähler	1000	2000	3000	4000	6000
Koeffizient 1	0.4500	0.3000	0.1500	0.1000	0.0200
Koeffizient 2	0.9000	0.8000	0.7000	0.6000	0.5000

Tab 6.3: Netzwerk 2

Sowohl in bezug auf die absolute Abweichung der Netzwerte von den Istwerten, als auch ihrer prozentuellen Abweichung zeigte sich eine deutlich gleichmäßigere Verteilung. Vor allem die in den niedrigen Umsatzbereichen aufgetretenen Fehlbewertungen konnten weitestgehend vermieden werden.



a) PI1 **b)** PI2

Abb 6.16.: Performance Netz 2

Dabei ist zu bemerken, daß die absoluten Abweichungen zu einem großen Teil auf ein Produkt zurückzuführen sind (siehe Anhang.I, 2.Blatt, oben) und es auch nach verschiedenen Manipulationen am Netz nicht gelang eine diesbezüglich zufriedenstellende Lösung zu finden.
Andererseits konnten die Werte für das Produkt S mit einem durchschnittlichen Fehler von 7% vorhergesagt werden wenn die ersten beiden Perioden bekannt waren.

Um die Möglichkeit der Simulation mit veränderten Produktmerkmalen voll auszuschöpfen, wurden die Produktmerkmale *Dokumentation, Anzeigenhäufigkeit und Packmittelgestaltung* zu einem Faktor zusammengefaßt und dem Netz als konstanter Inputparameter präsentiert. Erwartungsgemäß wurden keine nennenswerten Veränderungen in der Performance festgestellt.

Im nächsten Schritt mußte die Vorhersagekraft des Netzes überprüft werden. Zu diesem Zweck wurde die Lerndatei auf die Perioden k_3 bis k_{10} limitiert und zum Abruf die Werte der Perioden k_{11} und k_{12} benutzt. Die Überlegung ging davon aus, die untypischen Werte des Marktes bei der Neueinführung von Produkt S aus der Lerndatei zu entfernen, und das Netz andererseits mit völlig unbekannten Datensätzen zu konfrontieren.
Bereits in den ersten Netzdurchläufen mit der oben beschriebenen Konfiguration betrug der durchschnittliche Fehler (die durchschnittliche Abweichung) nur 0.662 (PI1) oder 13.68% (PI2). - siehe auch Anhang.I, 2.Blatt, recall a.
Nachdem durch Veränderungen am Netz nur kleine Verbesserungen in der Performance erreicht wurden, gingen die Überlegungen in Richtung der Parameter, die noch eingeführt werden könnten um das Ergebnis zu verbessern. Da davon ausgegangen werden konnte, daß die Veränderungen in zukünftigen Perioden weder von den Marktteilnehmern, noch vom Marktsegment selbst als unabhängig gesehen werden können, wurde das Wachstum des Gesamtsegments als Inputparameter eingeführt. Durch diesen "Schachzug" ließ sich der Lernerfolg auf eine durchschnittliche absolute Abweichung von 0.413 oder 8.65% verbessern (Anhang.I, 2.Blatt, recall b).
Variationen der `Error Function (Quadratisch)` erbrachten zwar eine weitere Verbesserung in der durchschnittlichen Abweichung, führten aber zu Spitzenwerten bis über 1.0 (Anhang.I, 2. Blatt, recall c-d).
Eine zufriedenstellende Konfiguration konnte schließlich mit Hilfe eines veränderten Lernplanes (Tab 6.4) und nach nur "4000" (!) Lernschritten erzielt werden, was zu der Überlegung führte, daß die Netzarchitekturen sehr gefährdet gegenüber *"overlearning"* Effekten sind.

Lernzähler	*700*	*1500*	*2500*	*3500*
Koeffizient 1	0.4000	0.1000	0.0300	0.0000
Koeffizient 2	0.7000	0.5000	0.4000	0.3000

Tab 6.4: Lernplan - recall e

Vor Simulation mit veränderten Eingangsparametern wurde die Reichweite verläßlicher Outputwerte ermittelt, indem die Lerndatei stufenweise um eine Periode verkürzt wurde und die Veränderung zu den Istwerten nach *recall* der Restdatei vermerkt wurden. Als tolerabel wurden Abweichungen bis zu 50% des Produktwachstums in der Vorperiode eingestuft. Die Vorhersage konnte damit für drei bis vier Perioden als verläßlich eingestuft werden. (Abb 6.17)

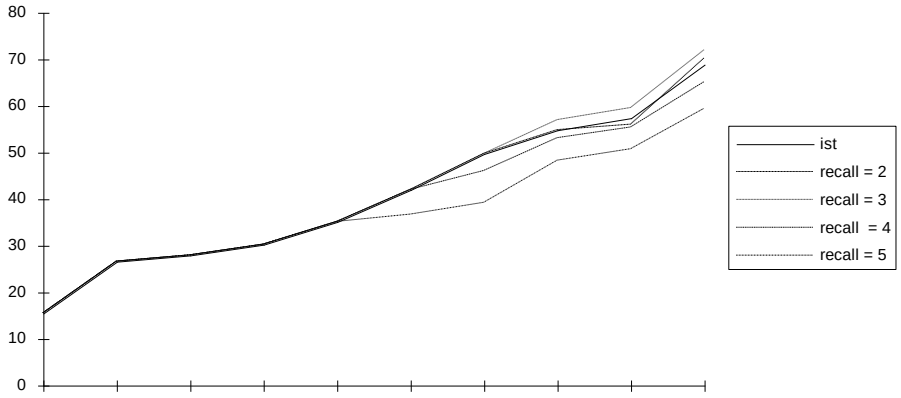
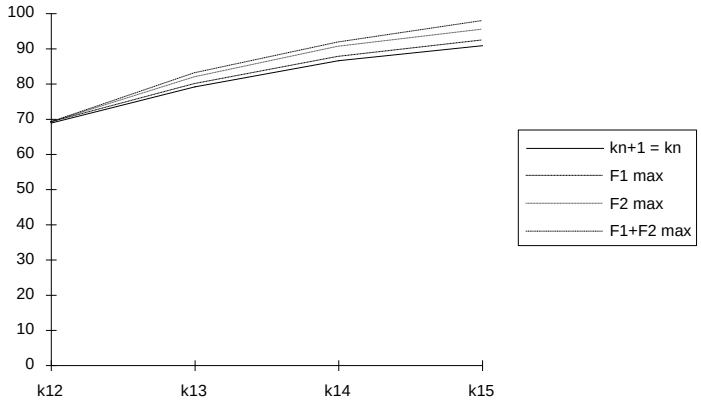


Abb 6.17: Reichweitenbestimmung der Vorhersage

Simulation

Welche Produktumsätze U_S würden nun die Veränderung der produktbezogenen Merkmale von S (ceteris paribus) bringen?
Dazu rufen wir uns in Erinnerung, daß diese Merkmale auf drei Faktoren (die sich sinngemäß aus der explorativen Faktorenanalyse ergeben haben) beschränkt wurden.
Der künstliche Faktor F1 der aus dem *Anteil am Indikationsgebiet des Marktsegments (produktbezogen)* und den *Diagnosen bei Verschreibung (marktbezogen)* gebildet wird, konnte nur in seinem "unabhängigen" Teil (produktbezogen) variiert werden. Der Faktor Darreichungsform F2 und der kombinierte Faktor Präsentation (aus den Produktmerkmalen: *Dokumentation, Anzeigenhäufugkeit und Packmittelgestaltung)* waren frei veränderbar.



Um einen Einblick in die verschiedenen Möglichkeiten der Entwicklung von Produkt-S zu geben, sind die Kurvenverläufe für die Perioden $k_{12 - 15}$ dargestellt, wobei die Faktoren F1 und F2 am Maximum der Marktteilnehmer orientiert wurden. (Abb 6.18)

Abb 6.18: Simulation

Neben der Simulation zukünftiger Produktentwicklungen besteht in Abhängigkeit von der Wahl der Inputparameter eine Vielzahl weiterer Analysemöglichkeiten, begonnen bei der Struktur und Effizienzprüfung von Produktmerkmalen, bis zur Entscheidungsfindung im Marketingprozeß.

Die Rechenzeiten für derartige Netzanalysen bewegen sich im Bereich von 8 bis 19 Minuten, abhängig von der Netzkonfiguration und der Anzahl der Inputparameter.
Zu vermerken ist der relativ hohe Aufwand bei der Suche nach einer optimalen Modellformulierung. Vor allem die Bearbeitung der Merkmale (Inputparameter) erfordert einerseits ein hohes Maß an Marktkenntnis und birgt andererseits die Gefahren subjektiver Fehlbewertungen in sich. Diese Gefahr ist nach Ansicht des Verfassers umso größer, je kleiner der Umfang des zu Verfügung gestellten Datenmaterials ist.

6.5 Zusammenfassende Darstellung der datengestützten Analyse

Die datengestützte Analyse zeigt uns, daß mit Hilfe heuristischer Verfahren Strukturen in einem Datenmaterial aufgedeckt werden können, die vor allem bei größerer Datenmenge einen schnellen Überblick über die Zusammenhänge innerhalb des Untersuchungsbereichs und wichtige Antworten auf konkrete Fragestellungen geben können.

Die statistische Vorerhebung kann dabei einerseits Strukturen im Datenbereich offenlegen und andererseits in Hinsicht auf mögliche Bewertungs- oder Entscheidungsschwierigkeiten in den Modellformulierungen der künstlichen Intelligenz von entscheidender Bedeutung sein.
Neben der Strukturerkundung in metrisch skaliertem Zahlenmaterial (wie dargestellt), ist hier vor allem auch die Aufbereitung nominal skalierter Daten anzuführen und in diesem Zusammenhang auf die *Conjoint-Analyse* oder *MDS* zu verweisen.

Regelbasierte KI-Modelle, wie die Neuralen Netze bieten auf der anderen Seite die Möglichkeit Istzustände zu analysieren und Simulationen von unterschiedlichsten Szenarien durchzuführen.
Es sei in diesem Zusammenhang noch einmal darauf verwiesen, daß neben *hetero-assoziativen* Modellen, die auf gewünschte Outputwerte (z.B. Daten aus vorangegangenen Perioden) zurückgreifen müssen, auch Algorithmen zum Einsatz kommen können, die *auto-assoziativ* arbeiten und sich sozusagen selbst einen optimalen Lösungsweg suchen (wie etwa die *Boltzmann Maschine*).

Um noch einmal auf die dargestellte konkrete Anwendung zurückzukommen sind im folgenden die grundsätzlichen Erkenntnisse zu unserem Marktsegment und dem Produkt S aufgeführt.

Die produktbezogenen Merkmale lassen sich im wesentlichen zu drei Faktoren zusammenfassen

Faktor wissenschaftliche und ästhetische Präsentation	Faktor Patienten-Akzeptanz	Faktor Außendiensteffekt
Dokumentation	Darreichungsform	Außendienstkapazität
Packmittelgestaltung	– Markenbezeichnung	Firmenimage
Anzeigenintensität		– Indikationsabdeckung

wobei das Produkt S besonders durch die wissenschaftliche und ästhetische Präsentation geprägt wird.

Von den Marktdaten erwiesen sich die *Altersverteilung der Ärzte* wie der *Patienten* als relevant. Ebenso konnte der *Wirkstofftrend in einem Vergleichsmarkt* viel zur Erklärung des Umsatzes beitragen, wohingehend der individuelle Produkttrend nur in Verbindung mit der *Gesamtentwicklung* ausreichende Erklärungskraft besitzt.

Relevante marktbezogene Daten:		
	Arz	Altersstruktur der verschreibenden Ärzte
	Pat	Altersstruktur der Patienten
	Trd	Wirkstofftrend im benachbarten Vergleichsmarkt
	Ver	Umsatzveränderung zur Vorperiode (Produkt)
	GesVer	Umsatzveränderung zur Vorperiode (Markt)
	Dia	Diagnosen – nur in Verbindung mit dem Produktmerkmal

Nach Aufnahme der konstant gehaltenen und zu Faktoren (entsprechend den Ergebnissen der explorativen Analyse) zusammengefaßten Produktmerkmale, zeigt die Simulation von Modellen mit gesteigertem Mitteleinsatz (-Indikationsausweitung-, -Erweiterung der Darreichungsformen-) eine deutliche und quantifizierbare Verbesserung der Umsatzprognose.

Anders als in diesem Abschnitt des Analyseteils der Ausführungen stellt sich die Situation wenn zu einer konkreten Fragestellung keine quantitativen Daten vorliegen.
Wie in einem solchen Fall dennoch eine quantitative Lösung erzielt werden kann, soll der folgende Abschnitt zeigen.

7. Datenunabhängige Analyse - ein Ausblick

Die folgende Diskussion wird nur theoretisch geführt, da eine PC taugliche Realisierung zum Zeitpunkt der Abhandlung noch nicht verfügbar war.
Ansätze zur Implementierung werden angeschnitten, die Entwicklung eines Expertensystems würde jedoch die Aufgabe dieser Arbeit bei weitem übersteigen.

Anhand einer Einführung in die unscharfe (*fuzzy*) Logik soll dokumentiert werden, wie Fragestellungen im Pharmamarketing mit Hilfe dieses Werkzeugs bearbeitet werden können.

7.1 Fuzzy Logik

Der Begriff *fuzzy [unscharf]* dokumentiert das Anliegen, das hinter der Entwicklung der diesbezüglichen Theorien stand. Es sollte der klassischen Logik, die nur *scharfe* Zustände - *Ja / Nein, Wahr / Falsch, 0 / 1*- kennt, die Möglichkeit gegenübergestellt werden, die Werte innerhalb des Bereichs 0 und 1 zu eröffnen, um damit nicht exakte (*unscharfe*) Datensätze, wie sie in der realen Welt auftreten, zu beschreiben.
Obwohl bereits vor über einem Vierteljahrhundert begründet[21], fristet die *Fuzzy Set Theorie* in der westlichen Welt noch immer ein Schattendasein.
Der folgende Überblick soll nur die wichtigsten Grundsätze erläutern und den interessierten Leser auf die Veröffentlichungen zu diesem Thema hinführen.[22]

7.1.1 Einführung

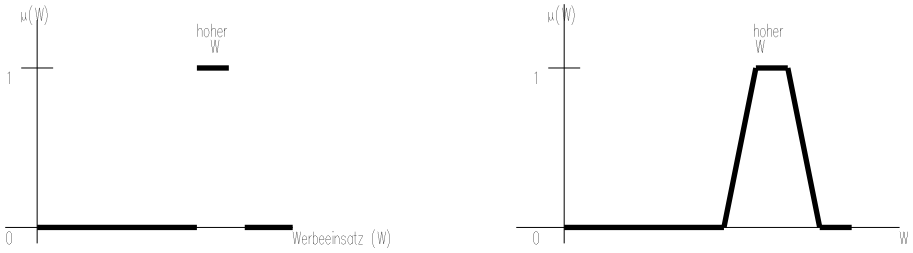
Unscharfe Mengen

Um bei dem im Vorabschnitt gebrauchten Beispiel des Produktes S im Arzneimittelteilmarkt zu bleiben, definieren wir das Ziel, in den zukünftigen Perioden einen hohen Werbeeinsatz zu betreiben.
Betrachten wir die Darstellung einer scharfen Menge durch die charakteristische Funktion mit 1 = Zugehörigkeit und 0 = Nichtzugehörigkeit, so läßt sich graphisch die *Zugehörigkeitsfunktion* μ darstellen. (Abb 7.1.a)

---

[21]: [Zade 65] ZADEH L.A.; Fuzzy Sets; *Information and Control*, 8, 338-353; 1965

[22]:als Einführungsliteratur ist neben anderen - [Till 92] TILLI T.; Fuzzy Logik: Grundlagen, Anwendungen, Hard- und Software; *München:Francis;* 1992 - anzuführen ; als weiterführende Literatur - [Mamd 87] MAMDANI E.H., GAINES B.R.;Fuzzy reasoning and its applications; *London:Academic Press*; 1987



a) scharfe Menge **b)** unscharfe Menge

Abb 7.1: charakteristische Funktion

Werden nun nicht nur null und eins zugelassen, so wird der Übergang *hoher Werbeeinsatz - nicht hoher Werbeeinsatz* unscharf. (Abb 7.1.b)

Mathematisch ist die unscharfe Untermenge **A** (hoher Werbeeinsatz) von **E** (dem Zugehörigkeitsraum mit endlicher Obergrenze und Untergrenze 0) eine Menge von geordneten Paaren

$$A = \{(\chi, \mu_A(\chi)) \mid \chi \in E\} \tag{7.1}$$

wobei $\mu_A(\chi)$ den Grad der Zugehörigkeit von χ zu A repräsentiert.

Ist die Obergrenze gleich Eins, so heißt das Set *normal*. Gebräuchliche Definitionen für das Fuzzy Set sind der *support **S(A)***, das ist die Menge der x-Wete mit $\mu_A(\chi) > 0$, oder Punkte im Zugehörigkeitsraum in denen die Zugehörigkeitsfunktion Werte von 0 (α - cut), 0.5 (β - cut) und 1 (γ - cut) erreicht. [Zade 65]

Mengenoperationen

Die elementaren Mengenoperationen (Abb 7.2 a) - c)) sind:
der *Minimumoperator* für den Durchschnitt (logisch UND)

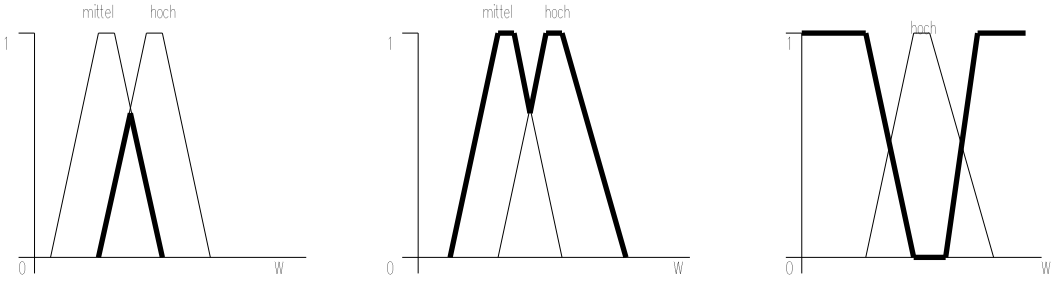
$$\mu_C(\chi) = \min \{\mu_A(\chi), \mu_B(\chi)\} \qquad \chi \in E \tag{7.2}$$

der *Maximumoperator* für die Vereinigung (logisch ODER)

$$\mu_C(\chi) = \max \{\mu_A(\chi), \mu_B(\chi)\} \qquad \chi \in E \tag{7.3}$$

und das *Komplement* (logisch NICHT)

$$\mu_C(\chi) = 1 - \mu_A(\chi) \qquad \chi \in E \tag{7.4}$$



a) Werbeeinsatz ist mittel und hoch **b)** Werbeeinsatz ist mittel oder hoch **c)** Werbeeinsatz ist nicht hoch

Abb 7.2: Mengenoperatoren (Ergebnisse stark ausgemalt)

Maximum- und Minimumoperator gehören zu zwei Klassen einer ganzen Reihe von Operatoren, von denen die Verallgemeinerungen des *Minimumoperators* als *T-Normen*, die des *Maximumoperators* als *Co-T- (*oder *S) Normen* bezeichnet werden, und als logische Gegenstücke aufgefaßt werden können. *Und* bzw *Oder* stellen die Grenzfälle von allgemeineren Modellen dar, die es mit verschiedenen Operatoren erlauben eine beliebige Einstellung zwischen Und - Oder zu wählen.
Die Auswahlkriterien dieser Mengenoperatoren richten sich nach der Erfüllung von *Realitätsanforderungen*, von denen hier einige herausgegriffen seien:

mathematische Forderungen:	*Assoziativität*
	Kommutativität
	Monotonie
	Stetigkeit
	Stabilität (das Ergebnis einer Anwendung muß zwischen den Ergebnissen bei Anwendung des Minimum- und Maximumoperators liegen)
	Idempotenz (die Aggregation von gleich großen Zugehörigkeitswerten ergibt denselben Wert)
praktische Forderungen	*Adaptierbarkeit*
	numerische Effizienz

Modifikatoren

Neben den Operatoren zur Verknüpfung (Aggregation) existieren Operatoren zur Modifikation, die entweder ein vorhandenes Fuzzy Set, dessen Zugehörigkeitswerte nicht zwischen 0 und 1 liegen, normalisieren, ein Set *schärfer* bzw *unschärfer* machen, oder den *Kontrast* intensivieren.

Unscharfe Zahlen

Das Erweiterungsprinzip der Fuzzy-Set-Theorie ermöglicht eine Verallgemeinerung des herkömmlichen Zahlenbegriffs im Sinne unscharfer Zahlen und Zahlenoperatoren.[23]
Seien A_1 bis A_n Fuzzy Sets so ist das cartesische Produkt auf X_1 ,... X_n ein Fuzzy Set im Produktraum X_1*...* X_n mit der Zugehörigkeitsfunktion

$$\mu_{C}(\chi_1,\ldots\chi_n) = \min\{\mu_{A1}(\chi_1),\ldots \mu_{An}(\chi_n)) \qquad (7.5)$$

Eine Zahlenoperation ist nun eine Funktion y, die aus den unscharfen Mengen A_1 bis A_n eine neue unscharfe Menge B auf Y unter Verwendung der Zugehörigkeitswerte von X_1 ,... X_n erzeugt.

Das wichtigste Anwendungsgebiet des Erweiterungsprinzips ist also die Ausdehnung der algebraischen Operationen auf unscharfe Mengen und damit das Rechnen mit unscharfen Zahlen und Intervallen.

Unscharfe Relationen

Der Zusammenhang zwischen zwei oder mehr unscharfen Mengen ist eine unscharfe Relation und stellt die Erweiterung vom eindimensionalen Lösungsraum auf den n-dimensionalen Lösungsraum dar. Unscharfe Relationen sind somit Fuzzy Sets in Produkträumen.

[23]: siehe auch [Zade 73] ZADEH L.A.; Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes; *IEEE Trans.syst.Man.;* Cybern. 3, 28-44; 1973

In Analogie zu den mengentheoretischen und algebraischen Operationen können unter Benutzung des Erweiterungsprinzips Operatoren auf unscharfe Relationen angewandt werden.
Neben diesen definierten Operatoren sind zusätzlich die Konzepte der *Projektion* und der *zylindrischen Erweiterung* anzuführen. Dabei handelt es sich im Fall der Projektion um die *Maximumbildung über alle Werte einer Achse des Produktraums* und im Fall der zylindrischen Erweiterung um das logische Gegenstück.

Auch bei der Aggregation von unscharfen Relationen existieren Vorschläge zur "Komposition" von Operatoren, die eine beliebige Einstellung ermöglichen sollen.

Unscharfes Schließen

Als eines der wichtigsten Basiskonzepte für das unscharfe Schließen gilt der Begriff der *linguistischen Variablen*. Sie unterscheiden sich von numerischen Variablen dadurch, daß ihre Werte nicht durch Zahlen sondern durch Worte ausgedrückt werden.
Bei einer linguistischen Variable *Werbeeinsatz* können ausgehend von den gegebenen Werten wie etwa *niedrig, mittel, hoch* unter Zuhilfenahme von Modifikatoren (Konzentration für *sehr*, Dilatation für *mehr oder weniger*) Werte wie *sehr niedrig, mehr oder weniger niedrig, sehr sehr niedrig, ...* erzeugt werden.
Es können so aus einer linguistischen Variable mittels erzeugender Grammatik komplexe Benennungen aus den Basiswerten generiert werden.

Das eigentliche Schließen besteht darin, aus *Regeln* und *Fakten* Schlüsse zu ziehen. Dazu soll unser Beispiel mit dem Werbeeinsatz stark vereinfacht dargestellt werden:

Regel 1: Wenn W = niedrig dann U(Umsatz) = niedrig
Regel 2: Wenn W = mittel dann U = mittel
Regel 3: Wenn W = hoch dann U = hoch

Gesucht sei der Umsatz U´, der sich bei einem *mehr oder weniger hohen Werbeeinsatz* W´ ergibt.

Es müssen nun hinsichtlich der Regeln und Fakten Annahmen getroffen werden, die das Sicherheits- oder Glaubwürdigkeitsmaß einer Regel zur Menge der absolut gültigen Regeln betreffen.
Im einfachsten Fall werden für jeden Begriff in einer Regel ein Übereinstimmungsmaß mit dem aktuellen Fakt berechnet und im nächsten Schritt diese *Kompatibilitätsmaße* zu einer *Gesamtkompatibilität* für die gesamte linke Seite einer Regel aggregiert. Das Gesamtresultat wird durch akkumulierende Verknüpfung der Resultate der einzelnen Regeln erzielt.

Für die mathematische Berechnung von U´ ist in der Literatur die *Compositional Rule of Inference:*

$$\mu_{U'}(y) = \sup T\,(\mu W'(x),\ I\,(\mu_W(x),\ \mu_U(y))) \qquad (7.6)$$

bekannt, wobei **I** für den Implikationsoperator und **T** für T-Norm stehen. Ohne weiter auf die verschiedenen Implikationsoperatoren einzugehen, ist zu ihnen zu sagen, daß es sich dabei um Verknüpfungsregeln handelt die die Unschärfe bei den Prämissen in mehr oder weniger starkem Ausmaß an die Schlußfolgerung weitergeben. Diese Art des unscharfen Schließens wird *plausibles Schließen* genannt und man könnte salopp formulieren, daß untersucht wird, auf welche Regel der gefragte Fakt am besten paßt.

Das Ergebnis für unseren gefragten Werbeeinsatz W´ würde einen *mäßig hohen Umsatz* U´ergeben.

2.2 Fuzzy-Regel-basierte Entscheidungsmodelle

Ansätze zur Implementierung auf PC (in *Pascal*[24]) sind im Vergleich zu Großrechnerimplementierungen selten anzutreffen.
Ein interessantes Modell für den österreichischen Kaffeemarkt beschreibt *Geyer-Schulz* unter Verwendung der Programmiersprache *APL2*. Um eine Vorstellung von der Anwendung des plausiblen Schließens zu geben, soll im folgenden das Prinzip dieses Entscheidungssystems unter Unschärfe wiedergegeben werden. Der Analogieschluß zum Gesundheitsmarkt kann leicht vom Leser selbst vorgenommen werden.

Das Beispiel demonstriert die Konsequenzen eines möglichen Produkt Relaunch[25] auf die Marktanteile. Der Marktführer überlegt, motiviert von steigenden Weltmarktpreisen und einer angenommenen Preisobergrenze, die Reduktion der Packungsgröße.
Die einzig verfügbare Information über die Konsequenzen eines solchen Schrittes ist die Erfahrung des Marketingverantwortlichen mit dem Markt.
Als Entscheidungsmodell wurde das *Lavington* Modell herangezogen.

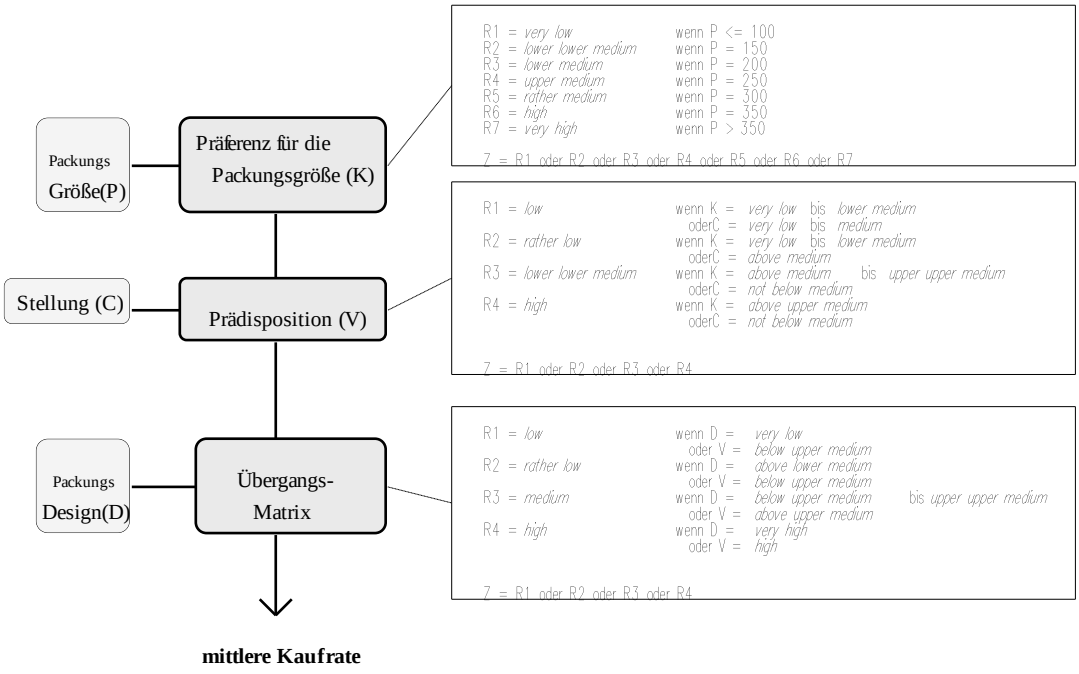


Abb 7.3: aus *Geyer-Schulz (1988)*

24: [Till 92] TILLI T.; Fuzzy Logik: Grundlagen, Anwendungen, Hard- und Software; *München:Francis;* 1992

25: Strategie zur Verlängerung des Lebenszyklus eines Produkts einer Marke durch zielgruppenspezifische Produktvariation

Die Eingangsparameter wurden dabei wie folgt festgelegt:

- Packungsgröße: 200
- Stellung: *sehr hoch* (Marktführer)
- Packungsdesign: *mittel*

Der linke Teil in Abbildung 7.3 zeigt das zugrundeliegende *Lavington-Modell*, im rechten Teil sind die korrespondierenden Regelbasen dokumentiert. Als generelle Verknüpfungsregel wurde der *Minimumoperator* gewählt.
Die *mittlere Kaufrate* wurde vom Modell als *lower medium* eingestuft. [Geye 88]

Die graphische Darstellung mit Hilfe der charakteristischen Funktionen zeigt die Ausprägung der unscharfen Mengen Packungsgröße, Stellung und Packungsdesign und das resultierende Fuzzy Set mittlere Kaufrate. Damit wird klar,wie die Unschärfe über die Anwendung von Verknüpfungsregeln bis zum Ergebnis transportiert wird. (Abb 7.4)
Eine Quantifizierung kann mit Hilfe des Erweiterungsprinzips erfolgen.

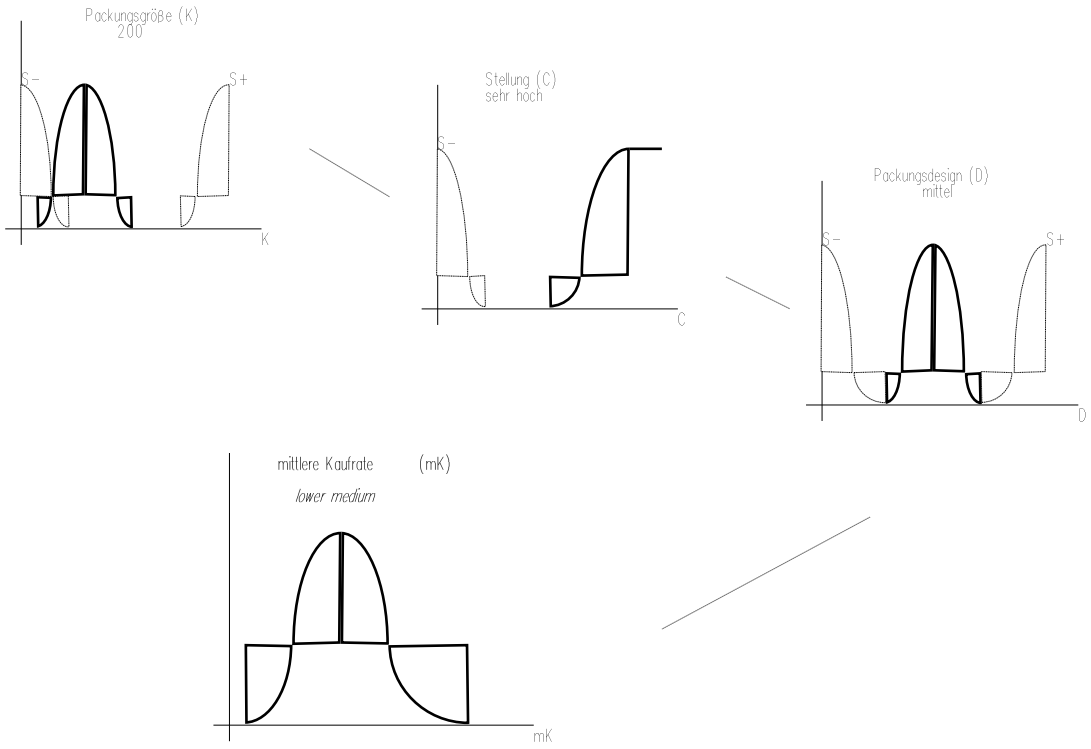


Abb 7.4: Charakteristische Funktionen

Mit diesen Bildern beenden wir unseren Ausblick in die datenunabhängige Analyse. Es sei noch darauf hingewiesen, daß eine "Art" *Fuzzy-Logik-Spreadsheet* von der Firma HYPERLOGIC unter dem Namen "*CubiCalc*" entwickelt wurde, das jedoch die Bedingungen für plausibles Schließen nur sehr umständlich erfüllt. Für die meisten Entwicklungsumgebungen sind ansonst überwiegend auch Hardware-Modifikationen notwendig. Es ist aber damit zu rechnen, daß mit der Verbreitung der unscharfen Logik auch das Marktangebot vielfältiger wird.

7. Schlußbetrachtungen

Fassen wir die wichtigsten Ergebnisse dieser Erörterungen zusammen, so können wir folgende Aussagen treffen.

Wir konnten zeigen, daß Optmierungsstrategien in verschiedenen betrieblichen Teilbereichen zum Einsatz kommen. Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte bescherte uns eine Reihe von effizienten Werkzeugen, die auch unter Unsicherheit zufriedenstellende Ergebnisse liefern. Besonders im Marketing ist jedoch ein gewisser Aufholbedarf zu verzeichnen, der sich aus der schwierigen Quantifizierung der Entscheidungsparameter ergibt. Gerade aus der Sicht des Marketing als integrative Funktion ist es aber wichtig, transparente Entscheidungskalküle in den Marketingprozess einzubringen, um eine Optimierung der unternehmerischen Gesamtleistung zu garantieren.

Heuristische Techniken, wie sie die Statistik auf der einen Seite und die künstliche Intelligenz auf der anderen Seite anbieten, können dem Maß an Unsicherheit Rechnung tragen, das den Marketingentscheidungen implizit ist. Erfolgreiche Anwendungen finden sich bereits in der Literatur jüngeren Datums.

Die Gesundheitsindustrie, die auf Grund von Auflagen und Beschränkungen eine differenzierte Betrachtungsweise erfordert, kann sich den gewonnenen Erkenntnissen aus der betriebswirtschaftlichen Forschung genausowenig entziehen, wie sie sich als völlig abgegrenzten Wirtschaftszweig sehen kann. Der erfolgreiche Einsatz der multivariaten Statistik und die steigende Tendenz Optimierungsstrategien, wie sie in anderen Wirtschaftszweigen seit einiger Zeit Verwendung finden, auch in das Pharmamarketing einzubringen, weisen deutlich in diese Richtung.
Die marktwirtschaftliche Sichtweise des Gesundheitssektors sollte unter Berücksichtigung steigender Ausgaben in den Sozialleitungen und der berechtigten Forderung nach sozialem Wohlstand ein zusätzlicher Ansporn für eine Ökonomisierung sein.

In der praktischen Anwendung von explorativer statistischer Analyse und Neuralen Netzen konnte gezeigt werden, daß bereits mit relativ geringem Aufwand interessante Informationen aus vorhandenem Datenmaterial gewonnen werden können, und der Ausblick auf die unscharfe Logik verspricht das erfolgreiche Einbeziehen von Expertenwissen in die Strategien des Pharmamarketing.
Dabei sind die angeführten Anwendungen aus der Statistik (Faktorenanalyse) und der künstlichen Intelligenz (Neurale Netze, Unscharfe Logik) nur ein Auszug aus den Möglichkeiten, die sich dem Interessierten bieten.

Es ist sicherlich erst der kombinierte Einsatz von Modellen und Experten, der im Endeffekt denjenigen Unternehmen den Vorsprung gegenüber seinen Konkurrenten gibt, welche die Scheu vor neuen Entwicklungen ablegen, ohne dabei auf das Potential personeller Kapazitäten zu vergessen.

Spezielle Aspekte wie etwa Außendienststeuerung oder Logistik sollen weiteren Arbeiten zu diesem Themenkreis vorbehalten bleiben.
Weit wichtiger wäre die Überprüfung der Gegebenheiten auf volkswirtschaftlicher Ebene, um die Sozial- und Gesundheitspolitik nötigenfalls mit denselben Möglichkeiten auszustatten, die es der Anbieterseite erlauben, ein optimales Kosten/Nutzen-Verhältnis zu erzielen. Nachdem einige Optimierungsverfahren aus der Ökonometrie stammen, könnte dies ein Anreiz sein, über den Einsatz moderener Methoden auch auf volkswirtschaftlicher Ebene nachzudenken.

Literaturverzeichnis

[Abel 84] ABELE H., NOWOTNY E., SCHLEICHER S., WINCKLER G.; *Handbuch der österreichischen Wirtschaftspolitik;* 2.A.; Wien:Manz; 1984

[Acit 86] ACITO F., ANDERSON R.D.; A Simulation Study of Factor Score Indeterminancy; *J. Marketing Res.*, 23, 111-118; 1986

[Albr 91] ALBRECHT H. in:*Marktwirtschaft im Gesundheitswesen* (Symposium); Wien:Pharmig; 1991

[Arab 81] ARABIE P., CARROLL D., DeSARBO W., WIND .; Overlapping Clustering: A New Method for Product Positioning; *J.Marketing Res.*, 18, 310-317; 1981

[Back 90] BACKHAUS K.,ERICHSON B.,PLINKE W.,WEIBER R.; *Multivariate Analysemethode*n; Berlin u.a.:Springer; 1990

[Bald 81] BALDWIN J.F.; Fuzzy logic and fuzzy reasoning; in: *Fuzzy Reasoning and its Applications; 133-148;*London: Academic Press; 1981

[Bela 88] BELABED E.; *Arzneimittelmarkt und Arzneimittelindustrie in Österreich*; Linz:ISW 1988

[BGBl 83] *BUNDESGESETZBLATT für die Republik Österreich:* Bundesgesetz: Arzneimittelgesetz; 185.Bundesgesetz vom 2.März 1983 über die Herstellung und das Inverkehrbringen von Arzneimitteln;

[BGBl 88] *BUNDESGESETZBLATT für die Republik Österreich:* Bundesgesetz: Änderung des; Arzneimittelgesetzes (AMG-Novelle 1988); 748. Bundesgesetz vom 14.Dezember 1988 mit dem das Arzneimittelgesetz geändert wird;

[Bley 88] BLEYMÜLLER J.,GEHLERT G.,GÜLICHER H.; *Statistik für Wirtschaftswissenschaftler*; 5.A.; München:Vahlen; 1988

[Büyü 88] BÜYÜKKURT K., BÜYÜKKURT M.D.; Robustness and Small-Sample Properties of the Estimators of Probabilistic Multidimensional Scaling (PROSCAR);
in: *Data Analysis, Decision Support and Expert Knowledge Representation in Marketing and Related Areas of Research;*
Berlin-Heidelberg:Springer; 1988

[Carr 88] CARROLL J.D., HOLLISTER B.B., IOSSO R.T., PRUZANSKY S., ROTONDO J.A.; Multidimensional Scaling in Marketing Research: An Illustrative Application to a Telecommunication Pricing Problem;
in: *Data Analysis, Decision Support and Expert Knowledge Representation in Marketing and Related Areas of Research;*
Berlin-Heidelberg:Springer; 1988

[Char 85] CHARNIAK E.,McDERMOTT D.; *Introduction to Artificial Intelligence;* Massachusetts a.o.:Addison-Wesley; 1985

[Code 91] Austria-Codex Fachinformation 1991/92; Wien:Österreichische Apotheker-Verlagsgesellschaft; 1991

[Coop 83] COOPER L.G.; A review of multidimensional scaling in marketing research; *Appl. Psych. Measurements*, 7, 4, 427-450; 1983

[Date 92] *DATEN UND FAKTEN 1991/92,Pharma Österreich;* Wien:Pharmig; 1992

[Dowl 88] DOWLING G.R.; Measuring Corporate Images: A Review of Alternative Approaches; *J.Busn. Res.*, 17, 27-34; 1988

[Egle 90] EGLESE R.W.; Simulated Annealing: A tool for Operational Research; *Eur.J.OR*, 46, 271-281; 1990

[Ehre 68] EHRENBERG, A.S..C.; On Methods: The Factor Analytic Search for Program Types; *J. Advertising Res.*, 8, 55-63; 1968

[Feld 83] FELDSTEIN P.J.; *Health Care Economics*: New York:Wiley; 1983

[Förs 84] FÖRSTER F., FRITZ W., SILBERER G., RAFFEE H.; Der LISREL-Ansatz der Kausalanlyse und seine Bedeutung für die Marketing-Forschung; *ZfB,* 54, 4, 346-367, 1984

[Frie 88] FRIESEWINKEL H., SCHNEIDER E.; *Das Pharma Marketing Buch*; Kulmbach:Pharma-Team-Verlag; 1988

[Gabl 88] GABLER *Wirtschafts-Lexikon;* Wiesbaden:Gabler; 1988

[Gehr 87] GEHRIG W.; *Pharma-Marketing: Instrumente, Organisation u. Methoden national u. internat.;* Zürich:verlag moderne industrie; 1987

[Geye 88] GEYER-SCHULZ A., TAUDES A., WAGNER U.; Exploring the Possibilities of an Improvement of Stochastic Market Models by Rule-Based Systems; _ in: *Data Analysis, Decision Support and Expert Knowledge Representation in Marketing and Related Areas of Research;* Berlin-Heidelberg:Springer; 1988

[Giri 83] GIRISH P., STEWARD D.W.; Cluster analysis in marketing research: Review and suggestions for application; *J. Marketing Res*., 20, 134-148; 1983

[Gree 72] GREEN P.E.; Multidimensional Scaling and Related Techniques in Marketing Analysis; Boston 1972

[Gree 78] GREEN P.E.; *Research for marketing decisions;* Prentice-Hall:Englewood Cliffs New Jersy ;1978

[Grie 90] GRIESE J.;Ziele und Aufgaben des Informatiosmanagements; in:Kurbel K., Strunz H.; *Handbuch Wirtschaftsinformatik*; Stuttgart:Poeschel; 1990

[Harm 85] HARMON P.,KING D.; *Expert Systems - Artificial Intelligence in business*; NY:Wiley; 1985

[Hart 87] HARTUNG J.,ELPELT B.,KLÖSENER K.H.; *Statistik Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*; 6.A.; München,Wien:Oldenbourg 1987

[Heil 90] HEILMANN H.; Organisation und Management der Informationsverarbeitung im Unternehmen; in: Kurbel K., Strunz H.; *Handbuch Wirtschaftsinformatik*; Stuttgart:Poeschel; 1990

[Hend 90] HENDLER J., TATE A., DRUMMOND M.; AI Planning: Systems and Techniques; *AI Magazine;* Summer 1990; 61-77;

[Jani 91] JANI Y., LEA R.N.; Fuzzy Logic Applications to Expert Systems and Control; *2nd Nat.Techn.Transfer Conference and Exposition, 2, 159-168;*1991

[Kain 89] KAINDL H.; *Problemlösen durch heuristische Suche in der artificial intelligence*; Wien, NewYork:Springer; 1989

[Kenn 92] KENNEDY P.; *A guide to econometrics*; Cambridge,Massachusetts:The MIT Press; 1992

[Knol 90] KNOLMAYER P.; Stand und Entwicklungstendenzen der computergestützten Produktionsplanung und -steuerung; in: Kurbel K., Strunz H.; *Handbuch Wirtschaftsinformatik*; Stuttgart:Poeschel; 1990

[Köhl 90] KÖHLE M.; *Neuronale Netze*; Wien, NewYork:Springer 1990

[Kotl 84] KOTLER P.; *Marketing Management*; 5.A.; Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New Jersey; 1984

[Kuma 92] KUMAR A., DILLON W.R.; An Integrative Look at the Use of Additive and Multiplicative Covariance Structure Models in the Analysis of MTMM Data; *J. Marketing Res.*, 29, 51-64; 1992

[Kunz 85] KUNZE M.K.; *Sozialmedizin 1.Teil*; Hochschülerschaft Universität Wien; 1985

[Last 91] LASTOVICKA J.L., THAMODARAN, K.; Common Faktor core Estimates in Multiple egression Problems; *J. Marketing Res.*, 28, 105-112; 1991

[Logi 83] *Wörterbuch der Logi*k; Leibzig:VEB; 1983

[Loit 90] LOITLSBERGER E.; *BWL für Juristen*; Wien:Manz; 1990

[Mamd 87] MAMDANI E.H., GAINES B.R.;Fuzzy reasoning and its applications; *London:Academic Press*; 1987

[Mate 79] BAUER J., BULA F., JUNKER E., KRAFEK A., KREISKY A., MARCON R., SCHINDL F., SPANNINGER G., STEYRER K.; Pharma in Österreich, Probleme und Zielsetzungen einer modernen Heilmittelversorgung in Österreich; in: *Materialien zu Wirtschaft und Gesellschaft;* Wien:AK; 1979

[Mich 81] MICHALSKI R.S., CHILAUSKY R.L.; Knowledge acquisition by encoding expert rules versus induction from examples: a case study involving soybean pathology; in: *Fuzzy Reasoning and its Applications, 247-272*; London: Academic Press: 1981

[Mich 84] MICHALSKI R.S., CARBONELL J.G., MITCHELL T.M.; *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach*; Berlin:Springer; 1984

[Morg 78] MORGAN F.W.; Profitability Market Segmentation: Identifying the Heavy Users of Overdraft Checking; *J. Business Res.*, 6, 99-110; 1978

[Morg 90] MORGAN M.S.; *The history of econometric ideas*; Cambridge:University Press; 1990

[Murp 79] Optimal Construction of Experimental Clusters; *Management Sci.*, 25, 2, 182-190; 1979

[Nego 85] NEGOTIA C.V.; *Expert Systems and Fuzzy Systems;* Menlo Park:The Benjamin/Cummings Publ.Comp; 1985

[Neur 90] Neural Works Professional and Neural Works Explorer Volume 1-2, NeuralWare Inc.,USA; 1990

[Okad 88] OKADA A.; Asymmetric Multidimensional Scaling of Car Switching Data; in: *Data Analysis, Decision Support and Expert Knowledge Representation in Marketing and Related Areas of Research;* Berlin-Heidelberg:Springer; 1988

[Pern 74] PERNICA, J.; The Second Generation of Market Segmentation Studies:An Audit of Buying Motivations; in: *Wells,W.D.; Life Style and Psychographics*; Chicago:AMA; 1974

[Phar 91] *Die österreichische Pharmawirtschaft: Ihre Rolle im Gesundheitswesen und Stellung im internationalen Vergleich*; Wien:Industriewirtschaftliches Institut - WU; 1991

[Phil 83] *Philosophie und Naturwissenschaften;* Berlin:Dietz 1983]

[Post 90] POST S., SAGE A.P.; An Overview of Automated Reasoning; *IEEE*, 20,1; 202-224; 1990

[Pupp 90] PUPPE F.; *Problemlösungsmethoden in Expertensystemen*; Berlin,Heidelberg:Springer; 1990

[Sche 90] SCHEER A.W.; Computer integrated manufactoring; in: Kurbel K., Strunz.; *Handbuch Wirtschaftsinformatik;* Stuttgart:Poeschel; 1990

[Schi 87] SCHIERENBECK H.; *Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre*; 9.A.; München,Wien:R.Oldenbourg; 1987

[Schn 91] SCHNEIDER M. in:*Marktwirtschaft im Gesundheitswesen* (Symposium); Wien:Pharmig; 1991

[Schw 86-91] SCHWABE U., PAFFRATH D.; *Arzneimittelverordungsreport*; Stuttgart;NewYork: Fischer; 1986,.....1991

[Simo 92] SIMON H., KUCHER E.; The European Pricing Time-Bomb - And how to ope with it; in: *International Pharmaceutical Marketing Conference*; London:IIR; 1992

[Smit 92] SMITH L.S.; Globalisation of the Marketplace - A Future Scenario; in: *International Pharmaceutical Marketing Conference*; London:IIR; 1992

[SPSS 90] SPSS User´s Guide, NewYork:SPSS Inc.1990

[Srin 91] SRINIVASAN, KRISHUNAKUMAR; A connectionist approach to integrate diagnostic and predictive aspects of multiattribute choice models; *Diss.Abs.Int.*,51, 10-A, 3467; 1991

[Stah 90] STAHLKNECHT P.; Computerunterstützung in den betriebswirtschaftlichen Funktionsbereichen; in: Kurbel K., Strunz H.; *Handbuch Wirtschaftsinformatik*; Stuttgart:Poeschel; 1990

[Step 89] STEPAN A.; *Betriebswirtschaftliche Optimierung*; München:Springer; 1989

[Stev 92] STEVENSON W.J.; *Introduction to Management Science;* 2.A.; Homewood,Boston:Richard D.Irwin 1992

[Stew 81] STEWARD D.W.; The Application and Misapplication of Factor Analysis in Marketing Research; *J. Marketing Res*, 18, 51-62; 1981

[Syke 92] SYKES R., B.; Co-operation between R & D and Marketing; in: *International Pharmaceutical Marketing Conference;* London:IIR; 1992

[Thom 90] THOME R.; Computergestützte Systeme für Marketimg und Vertrieb; in:Kurbel K., Strunz H.; *Handbuch Wirtschaftsinformatik;* Stuttgart:Poeschel; 1990

[Till 92] TILLI T.; *Fuzzy Logik: Grundlagen, Anwendungen, Hard- und Software;* München:Francis; 1992

[Triv 82] TRIVEDI K.S.; *Probability and statistics with reliabiliy, queuing, and computer science applications;* Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice-Hall 1982

[Walt 88] WALTHER H.P.; *Strategisches Pharmamarketing: Eine theoriegeleitete empir. Studie auf d. Grundlage d situativen Ansatzes*; Frankfurt am Main, u.a.:Lang; 1988

[Will 81] WILLIAMS J.F.; Heuristic Techniques for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures: Theory and Empirical Comparisons; *Management Sci.*, 27, 3, 336-352,1981

[Zade 65] ZADEH L.A.; Fuzzy Sets; *Information and Control*, 8, 338-353; 1965

[Zade 73] ZADEH L.A.; Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes; *IEEE Trans.syst.Man.; Cybern.* 3, 28-44; 1973

[Zimm 90] ZIMMERMANN W.; *Operations Research*; 5.A.; München,Wien:Oldenbourg 1990