

Automatisierung unscharfer Bewertungsverfahren

Modellierung und prototypische Umsetzung am Beispiel von Virtual Reality Projekten

An der Fakultät Wirtschaftswissenschaften
der Technischen Universität Dresden
eingereichte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor rer. pol.

von
Dipl.-Kaufmann Michael Zilker
aus Biebelried

Gutachter der Arbeit:

Prof. Dr. E. Schoop
Prof. Dr. H. Locarek-Junge
Prof. Dr. R. Thome

Disputation:

15.11.2001

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis	V
Diagrammverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Zielsetzung und Struktur der Arbeit	1
1.1 Ziel der Arbeit.....	1
1.2 Aufbau und Struktur der Arbeit	2
2 Virtual Reality als exemplarisches Beispiel für IT-Innovationen	7
2.1 Definition des Begriffes Virtual Reality	7
2.2 Anwendungsszenario und Anwendungen von Virtual Reality.....	10
2.2.1 VR in Forschung und Entwicklung	11
2.2.2 VR in Vertrieb und Marketing.....	13
2.2.3 VR in der Produktion.....	14
2.2.4 VR im Personalwesen.....	16
2.2.5 VR in Kommunikationsprozessen	19
2.2.6 Entwicklungsszenarien von VR.....	20
2.2.7 Relevanz von VR in Funktionsbereichen der Unternehmen	24
2.3 Perspektiven von Anwendern und Entwicklern.....	28
2.3.1 Ergebnisse der Anwenderbefragung.....	34
2.3.1.1 Anwenderprofil.....	34
2.3.1.2 VR-Anwendungen im Unternehmen	37
2.3.1.3 Gründe für den VR-Einsatz	40
2.3.1.4 Nutzenkalkül.....	42
2.3.1.5 Abgleich der Definition	48
2.3.1.6 Technik	51
2.3.2 Ergebnisse der Entwicklerbefragung.....	53
2.3.2.1 Anbieterprofil.....	53
2.3.2.2 Gründe für den Einsatz von VR.....	55
2.3.2.3 Nutzenkalkül.....	57
2.3.2.4 Abgleich der Definition mit den Daten aus Entwicklersicht	59
2.3.2.5 Technik aus Entwicklersicht.....	60
2.3.3 Folgerung aus der Befragung.....	61
3 Verfahren und Methoden zur Nutzenbewertung	64
3.1 Problematik.....	65
3.1.1 Metriken zur Bewertung des Nutzens.....	66
3.1.1.1 Kardinale Messung	66
3.1.1.2 Ordinale Messung	67
3.1.2 Subjektivismus.....	67
3.1.3 Lokalisierung der Nutzeneffekte	68
3.1.4 Nutzenkategorien	69
3.1.4.1 Nutzentypen	70
3.1.4.2 Kategorisierung nach Unternehmenszielunterstützung	73

3.2	Einteilung der Methoden	74
3.2.1	Eindimensionale dynamische Methoden	76
3.2.2	Traditionelle mehrdimensionale Methoden	76
3.2.2.1	Nutzwertanalyse.....	76
3.2.2.2	Nutzenanalyse.....	79
3.2.3	Neuere mehrdimensionale Methoden	85
3.2.3.1	Erfolgsfaktorenanalyse	85
3.2.3.2	Vierstufiges Wirtschaftlichkeitsmodell	87
3.2.3.3	Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung	88
3.2.3.4	FAOR-Methode	91
3.2.4	Entscheidungstheorie	92
3.2.5	Ansätze aus dem Controlling.....	99
3.2.5.1	Strategisches IT-Controlling.....	99
3.2.5.2	Operatives IT-Controlling.....	102
3.2.5.3	Neue Entwicklungen im Controlling.....	103
3.3	Eignung der Methoden für innovative IT-Projekte.....	106
4	Fuzzy-Systeme	113
4.1	Kategorien von Fuzzy-Anwendungen	114
4.2	Fuzzy-Mengen	116
4.2.1	Zugehörigkeitsfunktionen.....	116
4.2.1.1	Ausprägung von Zugehörigkeitsfunktionen	117
4.2.1.2	Typen von Zugehörigkeitsfunktionen.....	118
4.2.2	Operationen auf unscharfe Mengen.....	118
4.2.3	Unscharfe Zahlen.....	119
4.3	Linguistische Variablen und Fuzzifizierung.....	121
4.4	Regelbasis und Inferenzmaschine.....	123
4.4.1	Aggregation	125
4.4.2	Implikation.....	127
4.4.3	Akkumulation	128
4.5	Defuzzifizierung	129
5	Entwicklung einer fuzzybasierten Nutzenbewertung.....	132
5.1	Einsatz unscharfer Mengen in der Nutzenanalyse.....	132
5.2	Regelbasierter Ansatz zur Nutzenbewertung.....	137
5.2.1	Fuzzifizierung	141
5.2.2	Inferenz und Defuzzifizierung	142
5.2.3	Eigenschaften der Methode	145
5.3	Strukturierung durch Regelblockbildung.....	146
5.3.1	Übergang von Ebene 4 zu Ebene 3	148
5.3.2	Übergang von Ebene 3 zu Ebene 2.....	149
5.3.3	Übergang von Ebene 2 zu Ebene 1	154
5.3.4	Eigenschaften der Methode	155
6	Konzeption eines Vorgehensmodells zur Bewertung von IT- Innovationen.....	156
6.1	Vorgehensmodelle in der Wirtschaftsinformatik.....	156
6.2	UML als Spezifikationssprache	160
6.3	Anforderungen an das Vorgehensmodell	164
6.4	Modellierung des Bewertungsprozesses	165

6.4.1	Darstellung des Bewertungsmodells.....	165
6.4.2	Spezifikation mittels UML	167
6.4.2.1	Use-Case-Analyse und Systemverhalten	167
6.4.2.2	Systemarchitektur	176
6.4.2.3	Funktionale Analyse	177
6.4.2.4	Ablaufstruktur	181
6.4.3	Zustandsdiagramme	188
7	Prototypische Umsetzung des Bewertungsmodells und exemplarische Anwendung.....	190
7.1	Zielsetzung des Praxisprojektes und Projektpartner.....	190
7.2	Geplanter VR-Einsatz bei Düker	191
7.3	Grobstruktur der Implementierung	192
7.3.1	Projektskizze	195
7.3.2	Technische Realisierung und Aufwandsermittlung.....	199
7.3.3	Nutzenanalyse	202
7.3.3.1	Implementierung der Nutzenanalyse nach Nagel	203
7.3.3.2	Fuzzybasierte Nutzenanalyse.....	206
7.3.4	Auswertungen und Berichte.....	208
7.4	Ergebnisse der exemplarischen Anwendung	209
8	Zusammenfassung, Erkenntnisgewinn und Ausblick	214
8.1	Zusammenfassung der Arbeit	214
8.2	Erkenntnisgewinn und weiterer Forschungsbedarf.....	217
Literatur	223
Anhang		

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit.....	3
Abbildung 2-1: Entwicklungstendenzen.....	21
Abbildung 3-1: Übersicht an Methoden zur Wirtschaftlichkeitsbewertung.....	75
Abbildung 3-2: Formular zur Nutzwertanalyse.....	77
Abbildung 3-3: Gegenseitige Beeinflussung.....	89
Abbildung 3-4: Entscheidungsbaum.....	96
Abbildung 4-1: Datenfluss in Fuzzy-Systemen.....	113
Abbildung 4-2: Zugehörigkeitsfunktion für die Fuzzy-Menge Erwachsene.....	116
Abbildung 4-3: Beispiel für unscharfe Mengen und Zahlen.....	119
Abbildung 4-4: Addition einer unscharfen Zahl mit einem diskreten Wert.....	120
Abbildung 4-5: Definition der unscharfen Zahlen A_{LR} und B_{LR}	121
Abbildung 4-6: Linguistische Variable „Altersstruktur“ als Trapezfunktion.....	122
Abbildung 4-7: LR-Intervall – Trapezfunktion.....	123
Abbildung 4-8: Linguistische Variablen „Autobahn“ und „Preis“.....	124
Abbildung 4-9: Linguistische Variable „Bewertung“.....	125
Abbildung 4-10: Implikation und Akkumulation.....	128
Abbildung 5-1: Imageverbesserung als unscharfe Zahl.....	133
Abbildung 5-2: Nutzenanalyse mit unscharfen Zahlen.....	134
Abbildung 5-3: Kumuliert durch „unscharfe Addition“.....	135
Abbildung 5-4: Endergebnis.....	136
Abbildung 5-5: Linguistische Variable „Gesamtnutzen“.....	141
Abbildung 5-6: Struktur der Nutzenkategorien.....	147
Abbildung 5-7: Fuzzifizierung der Noten.....	148
Abbildung 6-1: Genealogie von Entwicklungsschemata.....	157
Abbildung 6-2: Assoziation und Kardinalität.....	162
Abbildung 6-3: Darstellung der Vererbung.....	162
Abbildung 6-4: Aggregation und Komposition.....	163
Abbildung 6-5: Vorgehensmodell.....	166
Abbildung 6-6: Use-Case-Diagramm.....	167
Abbildung 6-7: Prozess- und Datenmodell.....	177
Abbildung 6-8: Objektklassendiagramm.....	178
Abbildung 6-9: Ablaufrahmendiagramm Erfolgsfaktorenanalyse.....	182
Abbildung 6-10: Ablaufrahmendiagramm IT-Projekt auswählen.....	183
Abbildung 6-11: Ablaufrahmendiagramm Aufwand-ermitteln.....	184
Abbildung 6-12: Ablaufrahmendiagramm Nutzenanalyse.....	185
Abbildung 6-13: Ablaufmodell Erfolgsfaktorenanalyse.....	187
Abbildung 6-14: Ablaufmodell Nutzenanalyse.....	188
Abbildung 6-15: Zustandsdiagramm Nutzenanalyse.....	189
Abbildung 7-1: Grundstruktur des Beratersystems.....	193
Abbildung 7-2: Modul „Projektskizze“.....	195
Abbildung 7-3: Menü SKALG.....	196
Abbildung 7-4: Screenshot SKUPR.....	196
Abbildung 7-5: Screenshot SKNUT.....	197
Abbildung 7-6: Beteiligte Unternehmensprozesse und Partner.....	198
Abbildung 7-7: Übersicht Modul „Aufwand“.....	200
Abbildung 7-8: Screenshot.....	201
Abbildung 7-9: Nutzenbewertung.....	203

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Gewichtung der Bewertung	27
Tabelle 2-2: Auswertung von Frage 9.....	38
Tabelle 2-3: Zusammenfassung von Fragen 6, 7 und 8	44
Tabelle 2-4: Eingesetzte NB-Methoden.....	46
Tabelle 2-5: Auswertung Frage 20.....	48
Tabelle 2-6: Auswertung von Frage 24 (absolute Häufigkeiten).....	50
Tabelle 3-1: Beispiel für die Vernetzung von Nutzenwirkungen	69
Tabelle 3-2: Nutzenkategorien	73
Tabelle 3-3: Bewertung der Einzelnutzen nach Kategorien und Realisierungschance.	80
Tabelle 3-4: Nutzen kumuliert über Kategorie.	81
Tabelle 3-5: Standardreihenfolge der schrittweisen Kumulation.....	81
Tabelle 3-6: Bewertung der Nutzenkriterien Projekt AC SIEMENS	83
Tabelle 3-7: Numerisches Ergebnis Projekt AC SIEMENS	84
Tabelle 3-8: Ergebnismatrix.....	94
Tabelle 3-9: Entscheidungsmatrix.....	95
Tabelle 3-10: Entscheidung nach der Bayes-Regel	97
Tabelle 3-11 Entscheidung nach dem (μ -ó)-Kriterium	98
Tabelle 3-12: Methodenauswahl	109
Tabelle 4-1: Operationen auf Zugehörigkeitsfunktionen.....	118
Tabelle 4-2: Unscharfe Rechenoperationen	121
Tabelle 4-3: Regelbasis für „Standort“ Beispiel	126
Tabelle 4-4: Aggregation für „Standort“ Beispiel	127
Tabelle 4-5: Vergleich von COA- und MOM-Methode	130
Tabelle 5-1: Bewertete Kriterien.....	139
Tabelle 5-2: Summierte Nutzeffekte.....	140
Tabelle 5-3: Deckungsbeitrag in Prozent.....	141
Tabelle 5-4: Regelbasis	143
Tabelle 5-5: Relevante Regeln des Beispiels.....	143
Tabelle 5-6: Regelbasis für „schätzbare Nutzen“ V_m	150
Tabelle 5-7: Regelbasis für „vage schätzbare Nutzen“ V_v	151
Tabelle 5-8: Beteiligte Regeln	152
Tabelle 5-9: Regelbasis für „Gesamtnutzen“ V_{gesamt}	154
Tabelle 6-1: Nutzungsfälle.....	168
Tabelle 6-2: Spezifikation Fragebogen erstellen (N11).....	169
Tabelle 6-3: Spezifikation Befragung moderiert durchführen (N12)	170
Tabelle 6-4: Spezifikation Sammeln und Erfassen der Antworten (N13)	170
Tabelle 6-5: Spezifikation Bestimmen der Parameter Erfolg, Gesamterfolg und Leistungsdifferenz (N14).....	171
Tabelle 6-6: Spezifikation Aufstellen der kritischen Erfolgsfaktoren (N15).....	171
Tabelle 6-7: Spezifikation Vorschlag aus Tabelle der Gegenüberstellung von Erfolgsfaktor und IT-Technologie ableiten (N21).....	172
Tabelle 6-8: Spezifikation Projekte vorschlagen und eventuell ergänzen (N22).....	172
Tabelle 6-9: Spezifikation Allgemeine Projektdaten anlegen (N31)	173
Tabelle 6-10: Spezifikation Nutzenkriterien ermitteln (N32).....	173
Tabelle 6-11: Spezifikation Synergiewirkungen ermitteln N33	174
Tabelle 6-12: Spezifikation Aufwand ermitteln N34.....	174

Tabelle 6-13: Spezifikation Nutzenkriterien bewerten und gewichten N41	175
Tabelle 6-14: Spezifikation Nutzenbewertung durchführen N42	175
Tabelle 6-15: Spezifikation IT-Projektdateien anzeigen N51.....	176
Tabelle 6-16: Spezifikation Ergebnis Nutzenanalyse anzeigen N52	176
Tabelle 7-1: Bewertete Nutzenkriterien im Düker-Projekt.....	199
Tabelle 7-2: Systemkomponenten Düker-Projekt.....	202
Tabelle 7-3: Nutzenanalyse Düker.....	206
Tabelle 7-4: Ergebnisse aus der exemplarischen Umsetzung.....	213

Diagrammverzeichnis

Diagramm 2-1: Branche.....	35
Diagramm 2-2: Größe der Unternehmen	36
Diagramm 2-3: Innovationsfreude	36
Diagramm 2-4: Internes Profil	36
Diagramm 2-5: Abteilungen mit VR-Bezug	37
Diagramm 2-6: Anzahl von Abteilungen mit VR-Bezug	38
Diagramm 2-7: Änderung der Datenstruktur	39
Diagramm 2-8: CIM Struktur	39
Diagramm 2-9: Substitution anderer Techniken.....	39
Diagramm 2-10: Gründe für VR-Einsatz.....	40
Diagramm 2-11: Gründe für den VR-Einsatz.....	41
Diagramm 2-12: Weitere Gründe für VR-Einsatz	42
Diagramm 2-13: Einsatz von NB-Methoden generell	45
Diagramm 2-14: NB-Methoden bei VR-Projekten.....	46
Diagramm 2-15: 4-Stufen-Vorgehensmodell.....	47
Diagramm 2-16: Nutzenverteilung	48
Diagramm 2-17: Definition von VR	49
Diagramm 2-18: Prioritäten von VR-Merkmalen.....	50
Diagramm 2-19: Hardware	51
Diagramm 2-20: Größe der Entwickler-Unternehmen	54
Diagramm 2-21: Aktionsbereich der Anbieter.....	54
Diagramm 2-22: Gründe für VR-Einsatz aus Entwicklersicht	55
Diagramm 2-23: Weitere Gründe für den VR-Einsatz aus der Sicht der Entwickler ...	56
Diagramm 2-24: Verteilung des VR-Einsatzes.....	56
Diagramm 2-25: Eignung der NB-Methoden bei VR-Projekten	57
Diagramm 2-26: 4-Stufen-Vorgehensmodell aus der Entwicklersicht.....	58
Diagramm 2-27: Nutzenverteilung aus Sicht der Entwickler	58
Diagramm 2-28: Definition von VR-Systemen aus Entwicklersicht.....	59
Diagramm 2-29: Prioritäten von VR-Merkmalen aus der Sicht der Entwickler.....	60
Diagramm 3-1: Ergebnis der Nutzenanalyse grafisch	84

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
AC	Assessment Center
AR	Augmented Reality
ARVIKA	Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BOOM	Binocular Omni Oriented Monitor
BSC	Balanced Scorecard
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CNC	Computer Numeric Control
COA	Center of Area
COG	Center of Gravity
CSCW	Computer Supported Cooperation Work
d. h.	das heißt
DIW	Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung
DOF	Degree of Fulfilment
DTD	Document Type Definition
DV	Datenverarbeitung
et al.	et alii
etc.	et cetera
EUS	Entscheidungsunterstützungssystem
evtl.	eventuell
F&E	Forschung und Entwicklung
FAOR	Functional Analysis of Office Requirements
f.	folgende
ff.	fort folgende

GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
GPS	Global Position System
HMD	Head Mounted Display
Hrsg.	Herausgeber
IAA	Internationale Automobil Ausstellung
IT	Informationstechnologie
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
Jhrg.	Jahrgang
k. A.	keine Angaben
MAX	Maximum
MOM	Mean of Maximum
NB	Nutzenbewertung
o. J.	ohne Jahr
o. Jg.	ohne Jahrgang
OMT	Object Modelling Technique
OOSE	Object-Oriented Software Engineering
PC	Personal Computer
PPS	Produktions Planungs und Steuerungssystem
S.	Seite
SA	Strukturierte Analyse
SEPP	Software Entwicklungs Prozess Plan
SGML	Standard Generalized Markup Language
sog.	sogenannte
SVR	Superscape Virtual Reality
SWOT	Strengths Weakness Opportunities Threats
TDM	Tausend Deutsche Mark
u. A.	und Andere
u. a.	unter anderem
u. U.	unter Umständen
UML	Unified Modeling Language
U-Prozesse	Unternehmensprozesse
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche

VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VRT	Virtual Reality Technologies
z. B.	zum Beispiel

1 Zielsetzung und Struktur der Arbeit

1.1 Ziel der Arbeit

Durch die rasante Fortentwicklung der Informationstechnologie wird das Informationsmanagement permanent mit innovativen technischen Möglichkeiten konfrontiert. Neben der eigentlichen Kernaufgabe, der Befriedigung des Informationsbedarfes im Unternehmen, muss heute ein Informationsmanager bzw. IT-Entscheider täglich beurteilen, ob die neuen verfügbaren Techniken zur Fortentwicklung und Verbesserung seiner technischen Infrastruktur beitragen können. Da Innovationen einerseits häufig auf weitgehend noch unbekanntem komplexen Technologien basieren und andererseits die Akzeptanz in der Praxis noch offen ist, sind solche Entscheidungen für das IT-Management problematisch.

Innovative IT-Technologien basieren teilweise auf noch unbekannter Technik, Risiko sowie Chancen der Technologie sind weitgehend offen und die Etablierung als neue Schlüsseltechnologie ist unsicher. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Informationsmanager für den Themenbereich des Einsatzes von IT-Innovationen bei seinem Entscheidungsprozess und seiner Argumentation, insbesondere auf der taktischen und operationalen Ebene, systematisch zu unterstützen (vgl. [Hein02], S. 22; [Hein01], S. 190 und [Krcm97], S. 36).

Das Vorgehensmodell zur Planung und Bewertung von IT-Projekten, das den Kern der Arbeit darstellt, hat insbesondere die Aufgabe, systematisch den ökonomischen Nutzen von IT-Projekten zu evaluieren. Somit liegt der eigentliche Nutzen dieser Arbeit für einen Informationsmanager darin, dass durch das entwickelte Vorgehensmodell seine Arbeit unterstützt und erheblich erleichtert wird. Insbesondere gilt dies, wenn er das hier prototypisch umgesetzte Beratertool einsetzt. Es führt systematisch durch die wichtigsten Planungs- und Evaluierungsschritte und führt PC-gestützt ein Nutzenkalkül durch. Im Gegensatz zu anderen implementierten Bewertungssystemen stellt das hier entwickelte Vorgehensmodell ein Gesamtkonzept für die Bewertung von IT-Innovationen dar. Von einer ersten Schwachstellenanalyse über die technische Konzeption von Projekten bis hin zur ökonomischen Bewertung deckt es die nötigen Analyseschritte durch Softwaremodule ab. Die Nutzenbewertung basiert auf bestehenden Ansätzen und wurde durch den Einsatz der Fuzzy-Logik in dieser Arbeit fortentwickelt.

Durch die Verwendung von Fuzzy-Logik kann das Bewertungsmodell nach außen hin sehr verständlich implementiert werden, was für die Akzeptanz eines PC-gestützten Systems entscheidend ist. Insbesondere die Integration der Fuzzy-Logik in den betriebswirtschaftlichen Themenbereich der Nutzenbewertung sowie die Implementierung in einem Beratertool stellt eine wesentliche Neuerung im Bereich der Nutzenanalyse dar.

In Kapitel 2 der Arbeit wird das Thema Virtual Reality als typische IT-Innovation aufgegriffen. Es soll den Leser informieren, welche VR-Komponenten für sein Arbeitsfeld relevant sein könnten. Somit lassen sich beim Leser Ideen zu einem VR-Projekt initiieren, die gleichzeitig als Einstieg in das Vorgehensmodell, welches in der vorliegenden Arbeit entwickelt wurde, dienen.

1.2 Aufbau und Struktur der Arbeit

Das Kernthema der Arbeit, die Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Bewertung von IT-Innovationen, baut einerseits auf dem betriebswirtschaftlichen Themenfeld des Controllings, insbesondere der Nutzenbetrachtung, und andererseits auf dem technischen Thema der IT-Innovationen auf. Als exemplarischer Vertreter von IT-Innovationen wird in dieser Arbeit das Thema Virtual Reality behandelt. Dieser duale Themenansatz führt zu einer Struktur gemäß Abb. 1-1.

Die ausführliche Darstellung einer exemplarisch herausgegriffenen IT-Innovation, die Technik der Virtual Reality, erfolgt in Kapitel 2. Da der Begriff Virtual Reality auf unterschiedliche Weise interpretiert werden kann, erfolgt zunächst eine Definition dieser Technik. Somit wird hier VR von anderen Visualisierungs- und Schnittstellentechnologien dahingehend abgegrenzt, dass VR sich durch Interaktivität sowie Echtzeitfähigkeit, durch die Existenz von 3D-Modellen und die technische Möglichkeit der Immersion in eine VR-Szene auszeichnet. Aufbauend auf dieser Definition werden in Kapitel 2 verschiedene Referenzanwendungen von VR diskutiert. Hierdurch soll dem Leser gezeigt werden, welche alternativen und breiten Einsatzmöglichkeiten bestehen und möglicherweise auch für sein Arbeitsfeld relevant sein könnten.

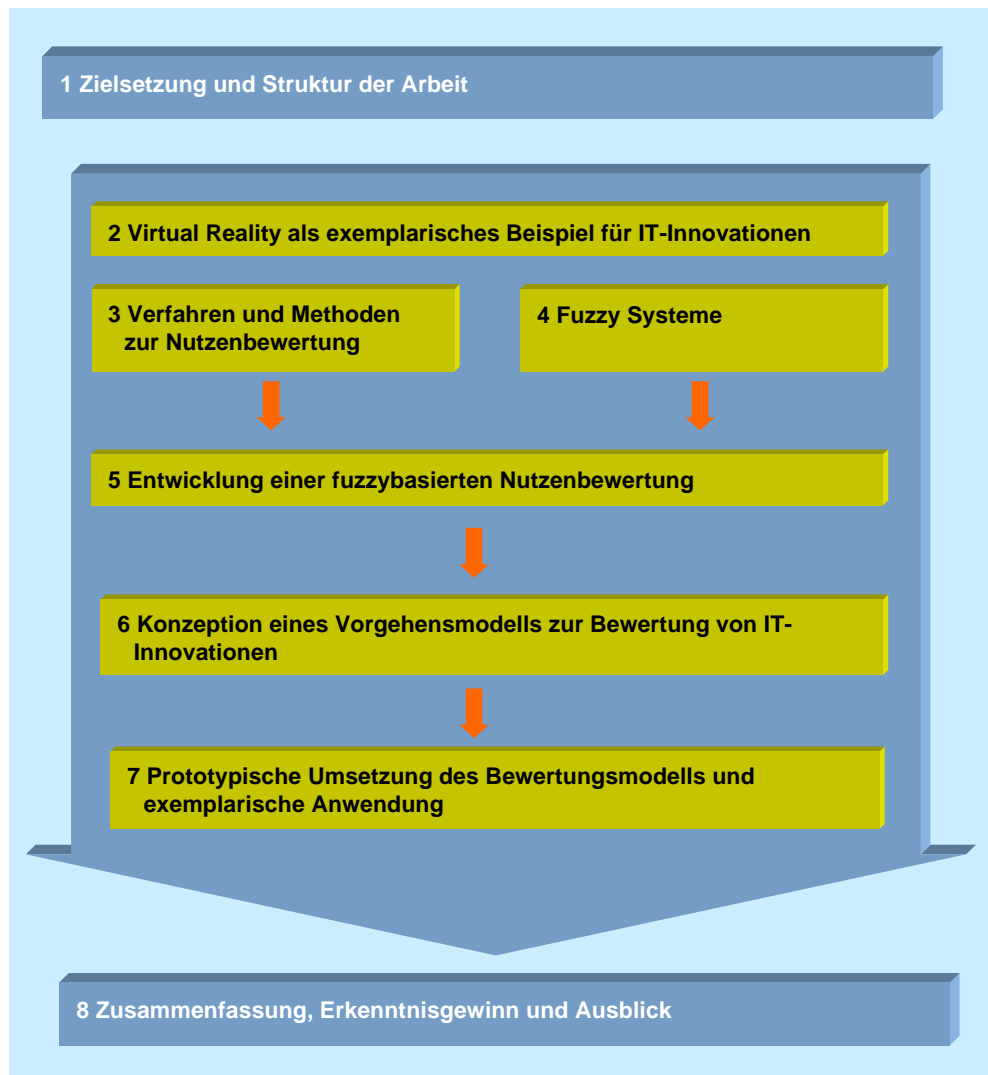


Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit wurde in einer kleinen empirischen Untersuchung der Kreis von VR-Anwendern und VR-Anbietern befragt. Die Befragung erfolgte mit einem Fragebogen, der ausgewählten Experten vorgelegt wurde. Da keine Stichprobenerhebung im statistischen Sinne durchgeführt werden konnte, sind die Ergebnisse mehr als Information aus der Praxis und nicht als wahrscheinlichkeits-theoretisch fundierte Aussagen zu werten. Die Ergebnisse sind detailliert in Kapitel 2.3 dargestellt und liefern zusammengefasst folgende Aussagen: VR-Projekte werden in sehr heterogenen Branchen und dort vorzugsweise in technischen Bereichen genutzt. Generell wird VR als nutzbringend angesehen, wobei jedoch keine nennenswerten Nutzenbetrachtungen durchgeführt wurden (vgl. [Zilk99], S. 209). Die Ergebnisse der Untersuchung motivieren, das Thema

der Nutzenbewertung von VR-Projekten aufzugreifen, zu systematisieren und ein Vorgehensmodell zur Bewertung zu entwickeln.

Das in den Kapiteln 6 und 7 entwickelte Beratertool hat als wichtige Kernfunktion die Nutzenbewertung von IT-Innovationen. Das Thema Nutzenbewertung und dessen methodische Umsetzung ist schon länger ein Forschungsthema der Wirtschaftswissenschaften und insbesondere des Controllings. Hierzu liefert die Teildisziplin des IT-Controllings unterschiedliche Ansätze, auf die sich diese Arbeit stützt. Im Kapitel 3 dieser Arbeit werden diese Methoden kategorisiert, ihre Funktion dargestellt und die wesentlichen Einsatzmerkmale der jeweiligen Methode aufgezeigt. Hieraus wird ein Entscheidungstableau für die Methodenauswahl im Zusammenhang mit IT-Innovationen entwickelt, das einerseits die Methodeneigenschaften und andererseits die Anforderungen an die Methode aus der Sichtweise der IT-Innovationen gegenüberstellt (siehe Kapitel 3.3). So gehen die Erkenntnisse dieses Kapitels in Form einer Methodenauswahl in die Kapitel 5, 6 und 7 ein, in denen die Umsetzung und Integration der Nutzenbewertungsmethode in das gesamte Vorgehensmodell erfolgt. Wie im Fortlaufenden begründet wird, kommt hier zunächst die Nutzenanalyse nach *Nagel* als Methode zu IT-Bewertung in Frage (siehe Kapitel 3.2.2.2). Da die Ergebnisse einer Nutzenanalyse wie auch sämtliche anderen Methoden sehr stark erläuterungsbedürftig sind, wurde in dieser Arbeit nach Alternativen gesucht, die ein prägnantes Endergebnis liefern. Als prägnante Idealaussage einer Methode wäre zu sehen: „Projekt ist zu empfehlen“ oder „Projekt ist nicht zu empfehlen“.

Als alternative Methode, mit der eine prägnante Endaussage abgeleitet werden kann, kommt die Fuzzy-Logik in Frage. Im Gegensatz zu betriebswirtschaftlichen Fragestellungen wird die Fuzzy-Logik in technischen Regelkreisen seit vielen Jahren mit großem Erfolg eingesetzt. Die Methodik der Fuzzy-Logik zeichnet sich dadurch aus, dass sehr komplexe Regelungsalgorithmen durch die Verwendung einer Wissensbank substituiert werden und über diese sehr effizient Endaussagen (z.B. Ventil auf – Ventil zu) abgeleitet werden können. Für die Nutzenbewertung ergeben sich starke Parallelen zu den technischen Fragestellungen, auch hier wird eine Endaussage (z. B. Projekt sinnvoll – Projekt nicht sinnvoll) aus u. U. sehr vagen und damit komplexen Eingangsgrößen abgeleitet. Die Fuzzy-Logik bietet für solche Fragestellungen das relativ einfache Vorgehen der Fuzzyfizierung, der Inferenz und der Defuzzyfizierung an. Da diese Grundlagen

einer regelbasierten Vorgehensweise wesentlich für das Verständnis von Kapitel 5 sind, werden sie in Kapitel 4 vorbereitet.

In Kapitel 5 werden auf der Basis von Fuzzy-Systemen unscharfe Nutzenbewertungsmethoden entwickelt. Als Grundschema dient die Nutzenanalyse, deren Aussagen durch fuzzybasierte Methoden wesentlich prägnanter formuliert werden können. Im ersten Ansatz werden die scharfen monetär bewerteten Nutzengrößen unscharf gezeichnet und somit der häufig kritisierten Scheingenauigkeit der Methode entgegengewirkt. In der weiteren Entwicklung der fuzzybasierten Methode wird auf der Basis eines Regelblockes eine prägnante Endaussage über die Wirtschaftlichkeit des beurteilten Projektes gebildet. Diese Variante der fuzzybasierten Methode wird später in der prototypischen Umsetzung des Beratertools eingesetzt. In der dritten Variante der fuzzybasierten Nutzenbewertung erfolgten die Bildung und Verknüpfung von mehreren Regelblöcken. Dadurch können auch komplexere Verbindungen von Nutzenwirkungen abgebildet werden.

In Kapitel 6 wird die Konzeption eines Vorgehensmodells zur Bewertung von IT-Innovationen entworfen. Ausgangspunkt im Vorgehensmodell ist eine Schwachstellenanalyse der IT-Infrastruktur in Form einer Erfolgsfaktorenanalyse. Durch die Erfolgsfaktorenanalyse werden Bedarfe nach IT-Lösungen aufgedeckt. Diese Bedarfe können durch IT-Innovationen gedeckt werden. Hierzu werden im Vorgehensmodell, ausgehend von den kritischen Erfolgsfaktoren, Projektvorschläge generiert. Dies erfolgt im System über eine Tabelle, die Erfolgsfaktoren und IT-Innovationen gegenüberstellt. Die so aufgestellten Projektvorschläge werden im zweiten Schritt durch eine fuzzybasierte Nutzenanalyse bewertet. Ausgangspunkt für die Aufstellung der Nutzenkriterien stellen hier die evaluierten Erfolgsfaktoren dar.

In Kapitel 7 wird aus den so vorbereiteten Einzelthemen das Vorgehensmodell ausschnittsweise in einem Prototyp realisiert und in einem konkreten Beratungsprojekt eingesetzt. Im Speziellen geht es im Projekt um die Planung und Bewertung einer VR-Anwendung zur Telekooperation. Nachdem die Nutzenkriterien aufgestellt sind, wird eine bekannte Methode, hier die Nutzenanalyse, durchgeführt. Alternativ hierzu wird die im Kapitel 5 entwickelte fuzzybasierte Bewertungsmethode angeboten. Die Nutzenbewertung wurde prototypisch in einem mit MS-Access umgesetzten Beratersystem implementiert. Hier beginnt die Analyse zunächst mit einem allgemeinen Teil zur Erfassung

von Projektdaten. Danach werden Unternehmensprozesse und letztlich die Nutzenkriterien abgeleitet. Weiterhin wurde im System ein Modul implementiert, das auf unterschiedlichen Ebenen den Aufwand und die verwendeten VR-Systemkomponenten aufstellt und bewertet. Aufbauend auf den so ermittelten Nutzenkriterien und dem Aufwand kann die Nutzenanalyse PC-gestützt durchgeführt werden. Alternativ wurde die in dieser Arbeit entwickelte fuzzybasierte Variante implementiert. Das System wird durch ein weiteres Modul abgeschlossen, das zur Ausgabe der Analysen dient. Praktische Erfahrungen mit dem Vorgehensmodell und dem Beratertool wurden in einem Projekt mit der Fa. Düker gesammelt und in Kapitel 7 beschrieben.

Die Arbeit wird durch Kapitel 8 abgeschlossen, in dem eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Arbeit und eine Darstellung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt. Die in der Arbeit noch offen gebliebenen Fragestellungen bilden die Basis für weitere wissenschaftliche Anschlussarbeiten. Anknüpfungspunkte hierzu werden abschließend in Kapitel 8 skizziert.

2 Virtual Reality als exemplarisches Beispiel für IT-Innovationen

Ähnlich wie die Robotertechnologie in den siebziger Jahren vermittelt heute der Begriff der „Virtuellen Realität“ eine stark innovative Technologie, die einerseits auf superlativen Rechnersystemen basiert und andererseits futuristisch anmutende periphere Geräte nutzt. Gerade die extravagante Peripherie, wie z. B. Datenhelm, Datenhandschuh und Flying Joystick, aber auch kraftrückkoppelnde Geräte wie „Phantom“ oder „Skeleton“ von Exos, haben dazu beigetragen, dem Begriff einen hochtechnisierten und gleichzeitig mystischen Charakter zu verleihen. Der mystische Charakter dürfte sich dabei damit begründen lassen, dass die Anwendungen, über die in der Öffentlichkeit berichtet wird, in Bereiche des Lebens eindringen, die bislang nicht von Computern dominiert wurden bzw. Anwendungen erschließen, die grundlegend innovativ sind. So zählen die Medizin, die Luft- und Raumfahrt, die Architektur und Telepräsenzsysteme unter anderen zu den Pionier- und allgemeinen Anwendungsfeldern dieser Technik (vgl. [Baue96], S. 46 ff. und [Borm94], S. 125 ff.).

Um die Inhomogenität der Anwendungen zu belegen, sei auf Anwendungen aus Kunst und Kultur (vgl. [Schm98], S. 6), dem Präsentationsbereich und dem Bereich der industriellen Nutzung (vgl. [DaFF96], S. 1 ff.) verwiesen. Somit vermittelt der erste Eindruck zum Thema Virtual Reality ein zunächst unstrukturiertes Bild von Einsatz und Nutzen dieser neuen Technik. Insbesondere die Frage nach dem Nutzen der Technologie erscheint interessant, da gerade bei stark innovativen Produkten häufig die Innovation als solche den Anwender „blendet“ und dadurch eine subjektive Überbewertung erfolgt.

2.1 Definition des Begriffes Virtual Reality

VR ist eine Technologie, die die traditionelle Schnittstelle Mensch-Maschine, dargestellt durch Bildschirm und Tastatur, ablöst bzw. durch Komponenten ergänzt, die möglichst viele menschliche Sinne realitätsgetreu ansprechen (vgl. [ABFG94a], S. 281 ff. und [Borm94], S. 22 ff.). Eine klare Definition des Begriffes Virtual Reality findet man bei *Bauer*, der folgende Voraussetzungen für die Verwendung des Begriffes aufstellt (vgl. [Baue96], S. 16):

- Eine VR-Anwendung ist interaktiv und echtzeitfähig. Die Eigenschaft der Interaktivität ist heute eigentlich bei jeder Computeranwendung gegeben und kann

in der Regel pauschal vorausgesetzt werden. Nicht jedoch die Echtzeitfähigkeit. Echtzeitfähig heißt hier, dass die Abwicklung der Mensch-Computer-Interaktion mit der Geschwindigkeit ablaufen muss, die der Mensch als noch „natürlich“ empfindet. So muss bei der Begehung eines virtuellen Raumes die Generierung der Bilder mit einer Rate von 15 bis 25 Szenenbildern pro Sekunde berechnet und dargestellt werden. Bei der Darstellung virtueller Welten müssen jedoch nicht nur die Szenenbilder in Echtzeit berechnet werden (rendern), sondern zusätzlich auch die Simulation von physikalischen Abläufen und Gegebenheiten durchgeführt werden. Hier kommt insbesondere die Mechanik mit ihren Disziplinen Kinematik und Dynamik zum Tragen (vgl. [Bick96], S. 1 ff.)¹. Um die Szenen realitätsnah darzustellen, werden die Einzelbilder möglichst naturgetreu berechnet. Hierzu werden die unterschiedlichsten Verfahren zur Simulation der Optik eingesetzt (vgl. [Haen96], S. 39 ff.)². Weitere Simulationsaspekte treten bei der Erzeugung von Tönen und Geräuschen auf. So werden in VR-Systemen 3D-Soundsysteme verwendet, um Soundeffekte, wie z. B. herannahende Schallquellen, zu simulieren (vgl. [ABFG94b], S. 361).

- VR-Anwendungen basieren auf dreidimensionalen Computerdaten. Um sich in einer virtuellen Umgebung „frei“ bewegen zu können und mit virtuellen Gegenständen agieren zu können, müssen sämtliche Objekte in ihrer Geometrie beschrieben sein - nur dann ist es möglich, dass ein Benutzer sich im Raum bewegen und die Szene aus jedem Blickwinkel heraus betrachten kann. Weiterhin kann ein VR-System nur anhand einer 3D-Beschreibung der Objekte das physikalische Verhalten der Objekte untereinander simulieren (Kollisionsberechnung). Neben den geometrischen Daten der Objekte müssen Objektoberflächendaten (Farbe, Reflexionseigenschaften, Transparenz) existieren, um eine realitätsnahe Darstellung zu ermöglichen.
- VR-Anwendungen sind immersionsfähig. Unter Immersion wird das Eintauchen des Benutzers in die virtuelle Szene verstanden. Insbesondere werden zur Erfüllung dieser Forderung Hardwarekomponenten benutzt, die speziell für die Technik der VR entwickelt wurden. Hierzu zählen die Head Mounted Displays (HMD) zur stereoskopischen Darstellung der Szenen, Trackingsysteme zur Bestimmung der Position

¹ Bickel diskutiert in [Bick96] insbesondere die Anwendungen von VR in den Bereichen Virtual Prototyping, Fertigungsprozessplanung und Fabriksimulation, bei denen die mechanischen Simulationen dominieren.

² Bei [Haen96] findet sich eine umfassende Zusammenstellung der relevanten optischen Grundlagen für 3D-Systeme.

des Benutzers im Raum, Trackingsysteme zur Erkennung von Gestik und Körperhaltung (Datenhandschuh und Datenanzug) und taktile Systeme, die eine Simulation des Tastsinnes ermöglichen (z. B. Phantom) (vgl. [Schu96a], S. 134 ff. und [Baue96], S. 95).

Die Erfüllung der oben genannten Anforderungen ist an einen hohen technischen und damit finanziellen Aufwand gebunden. So wird für die Berechnung von fotorealistischen, stereoskopischen und echtzeitfähigen Darstellungen eine hohe Rechenleistung benötigt. Für den Anspruch der Immersion werden heute noch teure Geräte eingesetzt. Aus diesem Grunde ist für geplante VR-Anwendungen individuell zu bestimmen, wie hoch der Anspruch an „Realität“ gesetzt werden soll.

Somit kann zusammenfassend festgehalten werden, dass ein VR-System folgende Merkmale besitzt:

- Interaktivität
- Echtzeitfähigkeit
- Simulationskomponente
- 3D-Computerdaten
- Immersion

Während Interaktivität, Echtzeitfähigkeit und Basis auf 3D-Computerdaten eine mehr oder minder triviale Voraussetzung für VR ist, ist bei der Beurteilung der Immersion und oder Simulationskomponente eine differenzierte Gewichtung durchzuführen.

Die Immersion ist heute noch an eine sehr spezifische Technik gebunden, die weit ab von einer Standardisierung liegt. So sind HMDs, Tracker, Boom, Datenhandschuh, Datenanzug und Phantom zwar Geräte, die den Grad des Eintauchens in die virtuelle Welt erheblich erhöhen, jedoch nicht für jede Anwendung eine Voraussetzung darstellen. Für viele Anwendungen reicht ein normaler Bildschirm aus oder muss aus rein pragmatischen Gründen (Hygiene, Systemzugang etc.) eingesetzt werden. Dies gilt z. B. für den Bereich des Virtual Prototyping und im F&E Bereich. Ebenso kann ein Datenhandschuh durch eine Maus oder durch andere einfachere Joysticks substituiert werden.

Die spezifische VR-Peripherie, die die eigentliche Immersion erlaubt, ist also sehr projektspezifisch. Somit ist das Kriterium der Immersion immer am Einzelfall zu betrachten und soll hier so gesehen werden, dass mindestens ein Begehen und Manipulieren der virtuellen Welt möglich sein sollen.

Die Komponente Simulation wird in vielen Publikationen, insbesondere in Quellen der Populärwissenschaft zum Thema VR, weitgehend vernachlässigt. Die Simulation ist jedoch, neben der eigentlichen Visualisierung, eine zentrale Komponente der VR-Technologie. Da sich der Funktionsumfang derzeitiger VR-Entwicklungssysteme auf die Simulation der Objektgeometrien und einfacher mechanischer Vorgänge beschränkt, ist heute generell eine Programmierung des Objektverhaltes zur Simulation nötig. Bewährte Simulationsmethoden wie Petri-Netze, System Dynamics etc. sind derzeit noch nicht in VR-Entwicklungstools integriert. Dies gilt jedoch nicht für Tools aus dem F&E Bereich, die stellenweise dem VR-Sektor zuzuordnen sind. Dort werden traditionell Simulationsmethoden, wie z. B. Finite Elemente Verfahren, eingesetzt (vgl. [Rüsi98], S. 14 ff.).

2.2 Anwendungsszenario und Anwendungen von Virtual Reality

Betrachtet man aktuelle Anwendungsberichte aus der Praxis, so ergeben sich Einsatzfelder von VR für die unterschiedlichsten Bereiche. Üblicherweise werden die Unternehmensprozesse zu ihrer Spezifikation wiederum in Teilprozesse auf verschiedenen Ebenen aufgegliedert (vgl. [GSVR94], S. 48). Auf höchster Ebene lassen sich sämtliche Prozesse kumuliert als Wertschöpfungsprozess oder Wertschöpfungskette darstellen (vgl. [Port96], S. 222 und [KeTe97], S. 41). In dem Modell der Wertkette treffen Einzelaktivitäten (Funktionen) und Prozesse aufeinander. Die eigentlichen Funktionen in einem Unternehmen werden über einzelne Prozesse, die horizontal verlaufen, integriert. Die Rede ist von horizontaler Integration. Somit sind die eigentlichen Teilprozesse in den unterschiedlichen Funktionssektoren eingebettet bzw. überschneiden diese. Ausgehend von den Funktionalsektoren sollen im Folgenden die Teilprozesse skizziert werden, die für die VR ein Anwendungsfeld darstellen. Ausgangspunkt hierzu sind zunächst konkrete VR-Anwendungen, die in den folgenden Teilkapiteln skizziert werden. Sie belegen, dass VR nutzbringend in den Funktionsbereich von Unternehmen integriert wurde.

Diese aktuellen Anwendungsberichte sind insbesondere in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Marketing, Produktion, Personalwesen sowie Kommunikation und für nicht industrielle Anwendungen in den Bereichen Medizin- und Militärsimulation zu finden (vgl. [ZCSR99], S. 296; [Broo99], S. 3; [LJFB99], S. 182 ff. und [PaAu00], S. 1 ff.)

2.2.1 VR in Forschung und Entwicklung

Im Sektor Forschung und Entwicklung kommt VR im Bereich der Produktkonstruktion, des Produkttests (Simulation) und in Form von Telepräsenzsystemen zum Einsatz. So ist VR bei schon vielen Automobil- und Fahrzeugherstellern eine etablierte Technologie zur Simulation von Crashes im Karosseriebau. Mit diesen Simulationssystemen können Crashtests beliebig oft unter verschiedenen Bedingungen mit verschiedenen Varianten und Ausstattungen etc. wiederholt werden, was mit realen Modellen weder technisch noch finanziell zu leisten wäre (vgl. [SERe99], S. 160 ff. und [WWGö97], S. 11). Durch Kollisionserkennungsprozeduren kann ein VR-basiertes Digital-Mockup-System schon im Vorfeld des Formenbaues sämtliche Teile eines Fahrzeuges auf geometrische Stimmigkeit überprüfen. Die Leistungsmerkmale eines Digital-Mockup-Systems umfassen den Entwurf und die Konstruktion und im besonderen Maße die Simulation der Funktionalität einer konstruierten Maschine. Bei DaimlerChrysler wurde auf Basis eines solchen Systems z. B. die Modellserie SL/SLK entwickelt (vgl. [Maie00], S. 1).

Besonders die Verwendung von VR als Visualisierungswerkzeug war eine der ersten Anwendungen. Traditionell wurden diese System aus CAD-Anwendungen abgeleitet; sie ermöglichen eine Visualisierung des abgebildeten Objektes in Echtzeit. Dieser Bereich wurde sehr bald auch in der Architektur als Planungs- und Präsentationsmittel benutzt und reicht somit sehr stark in den Sektor des Marketings hinein. Da VR eine stark innovative Technologie ist, blieb der Einsatz auf aufwändigere Produkte wie Verkehrsflugzeuge, Flugzeugtriebwerke und Fabrikanlagen beschränkt (vgl. [BeSc98], S. 20-2; [CoOx96], S. 1 ff.; [ICI00]; S. 1; [LARR00], S. 1 und [AIRL00], S. 1). Mit der starken Verbreitung und dem Vordringen in den PC-Bereich ist aber damit zu rechnen, dass ein digitaler „mockup“ zunehmend auch bei einfacheren Produkten durchgeführt werden kann. Insbesondere das Echtzeitverhalten stellt die Hauptanforderung an ein VR-System dar; es wird jedoch durch moderne Implementierungsstrategien auch in kleinen Systemen ermöglicht (vgl. [Pala99], S. 99).

Neben den reinen Visualisierungsaufgaben können durch entsprechende VR-Simulationen auch Bauwerke und Einrichtungen getestet werden. So werden von „Virtual Presence“ Systeme implementiert, die zur Evaluation von chemischen Labors mit der Simulation von Chemieunfällen und von Supermärkten mit der Visualisierung von Regalsystemen dienen (vgl. [CWS00], S. 1 und [SaSu00], S. 1). Die Abbildung von Supermärkten kann nicht nur zur Darstellung der Geometrie und der Einrichtung eingesetzt werden, sondern auch zur Evaluation der Warenpositionierung. So wird mit dem Realitycheck von Probanden virtuell eingekauft und die richtige Positionierung der Waren überprüft (vgl. [RCHE00], S. 1).

Durch die Verwendung von haptischen Systemen und die Kombination von virtueller und realer Welt kann der immersive Eindruck beim Benutzer noch wesentlich verstärkt werden. Hierzu stehen heute entsprechende Systeme zur Verfügung (vgl. [Kame99], S. 279 und [Dai97]). Hinzu kommt, dass in VR-gestützten technischen Planungssystemen zunehmend „intelligente“ Techniken eingesetzt werden. So ist bei *Watson/Oliveira* ein System beschrieben, in dem die VR-Technologie mit der Methode des „Fallbasierten Schließens“ kombiniert und zur Planung von Baugerüststrukturen eingesetzt wird (vgl. [WaOI99], S. 1).

Da das Konstruieren und Planen im virtuellen Raum nicht an Materie gebunden ist, ergeben sich mit VR-Technologie völlig neue Möglichkeiten. So können Entwicklermeetings, bei denen örtlich getrennte Partner miteinander kommunizieren, im virtuellen Raum abgehalten werden (vgl. [ABFH97], S. 331 und [Bill99], S. 178). Die hier angesprochenen Themenbereiche der Telekooperation überschneiden sich stark mit dem Thema der Kommunikation, ebenso ist vom F&E Bereich eine Schnittstelle zur Produktion gegeben, da in der F&E Produktionsdaten wie CNC und Roboterprogrammierung vorbereitet werden, die später in der Produktionssteuerung benötigt werden (vgl. [Scha99], S. 40 ff.).

Nach diesen Anwendungsbeispielen wird deutlich, dass VR im Bereich von F&E sinnvoll genutzt werden kann. Insbesondere ergeben sich Einsatzfelder in den Teilprozessen des Entwurfs und der Konstruktion sowie in der Vorbereitung der Produktion (z. B. Steuerprogramme für Roboter). Wie oben dargestellt, ist VR in der F&E Kontrolle und hier insbesondere im Teilprozess Qualitätskontrolle zur Evaluation der Produkteigenschaften sinnvoll einsetzbar (siehe Anhang B). Weitere nutzbare Einsatzbereiche erge-

ben sich in der Planung der Produktion, also im Projektplanungsprozess. Hier können manuelle oder automatische Arbeitsplätze und Fertigungszellen virtuell geplant und getestet werden (vgl. [IRF00], S. 1).

2.2.2 VR in Vertrieb und Marketing

Im direkten Zusammenhang mit der F&E stehen die Visualisierung und Präsentation von Produkten. Hierzu eröffnet sich für das Marketing durch VR eine große Chance (vgl. [GePo98], S. 33). Wie der Automobilhersteller DaimlerChrysler erstmals auf der IAA 1997 bewiesen hat, ist VR mehr als nur ein Eyecatcher. DaimlerChrysler präsentierte dort ein System, mit dem sich der Kunde sein individuelles Fahrzeug der A-Klasse zusammenstellen kann. Der Kunde wählt die individuellen Parameter wie Außenfarbe, Polster, Aggregat und Ausstattung aus und kann anschließend das Fahrzeug in photorealistischer Qualität „begehen“, d. h. er kann um das Fahrzeug herum gehen oder den Innenraum inspizieren. Aus praktischen Gründen wurde bei dieser Installation auf immersive VR-Hardware verzichtet und zur Visualisierung lediglich ein Monitor benutzt. Der Monitor jedoch ist an einem Schwenkarm fixiert, über den der jeweilige Blickwinkel dem VR-System übertragen wird (vgl. [Stra99], S. 282 und [VRF00], S. 1). So kann sich ein Betrachter eine beliebige Ausführung des PKWs auswählen und das endgültige Fahrzeug sehr genau beurteilen.

Das Internet gilt mit seiner rasanten Entwicklung als Schlüsseltechnologie des neuen Jahrhunderts. Insbesondere der Bereich des Internet-Shopping wird derzeit als eine der stärksten Wachstumsbranchen diskutiert. Hier wird mit einer Umsatzwachstumsrate von 118% im Jahr für den europäischen Raum gerechnet (vgl. [Kuri00], S. 160). Zahlreiche Unternehmen betreiben im Internet Shoppingsysteme, in denen unterschiedliche Produkte angeboten werden. Wenn die Produkte auch unterschiedlich sind, haben sie dennoch Gemeinsamkeiten. Ein typisches Produkt für einen Internet-Shop zeichnet sich u. A. dadurch aus, dass es standardisiert ist, einen hohen Bekanntheitsgrad und geringen Erklärungsbedarf besitzt. Somit zählen Bücher, Software, CDs und Kleidungsstücke zu den meistverkauften Produkten im Internet (vgl. [CoWo98], S. 40). Demnach lassen sich mit den herkömmlichen Internetmedien, wie Bild und Text (vgl. [Tura99], S. 7), nur Produkte vertreiben, die dem Käufer mehr oder minder bekannt sind. VR-Technologie erschließt hier die Möglichkeit Produkte deutlicher als nur durch Bild und Textbeschreibung zu präsentieren (vgl. [Baue98], S. 6 ff.). So existieren bereits Internet-Shops,

in denen Produkte als 3D-Modell „begangen“ werden können. Mit dem System „easymarket“ der Fa. Commercy AG werden laut Angaben des Betreibers bereits 5 Shops mit VR betrieben (vgl. [Easy00], S. 1). Weitaus ausgereifere Produkte bietet hierzu die Fa. blaxxun an, die sich auf VR-Communities im Internet spezialisiert hat. Das Fraunhofer IAO bietet die erste professionelle Implementierung einer VR-basierten Shopping Mall an. Im Gegensatz zu den herkömmlichen 2D-Shops im Internet und dem 3D-System von „easymarket“ kann hier ein virtueller Raum, in dem auch mehrere Leute gleichzeitig agieren können, betreten werden. Im VR-Shop kann somit auch zwischenmenschliche Kommunikation erfolgen und es können Erlebniswelten, wie in realen Ladengeschäften, installiert werden (vgl. [HaHi00], S. 1 ff.).

Die skizzierten Systeme erschließen auf Grund ihrer 3D-Darstellung die heute noch nicht typischen Internetprodukte zur Vermarktung im Netz. Die weitere Verbreitung von VR-Immersionstechniken, wie haptische Displays, wird dazu führen, dass sich auch dem Kunden unbekannte Produkte besser im Netz präsentieren und vertreiben lassen (vgl. [SaSr97], S. 10).

2.2.3 VR in der Produktion

Eng verbunden mit den VR Anwendungen aus der Forschung und Entwicklung sind die Anwendungsfelder in der Produktion. Hier kristallisieren sich heute deutlich zwei Zweige heraus: zum einen der Einsatz von VR in der virtuellen Produktion und zum anderen der Einsatz in der Robotik.

Im Bereich der virtuellen Produktion ist VR neben anderen Techniken insbesondere eine entscheidende Komponente von komplexen Simulationsmethoden. Dabei wird unter virtueller Produktion „... die durchgängige Planung, Validierung und Steuerung von Produktionsprozessen und -anlagen mit Hilfe digitaler Modelle“ verstanden (vgl. [RKPa99], S. 5). Im Vordergrund steht somit, dem realen Produktionsprozess einen detaillierten und möglichst authentischen Planungsprozess vorzuschalten, um mit höchster Sicherheit und Kenntnis über die Produktion die reale Produktion zu starten. Der erwartete Nutzen für das Unternehmen ist zum einen die Reduzierung der Entwicklungszeit durch Verkürzung der Rückmeldungsfrequenz vom Produkttest zur Entwicklung. Zum anderen werden erhebliche Kosten eingespart, da der Bau von physischen Prototypen entfällt. Ein weiterer Vorteil der virtuellen Produktion ist, dass sehr früh bzw.

permanent Produktfunktionen evaluiert werden können und dadurch die Qualität des Produktes verbessert wird (vgl. [RKPa99], S. 5 und [ReBI99], S. 1-2).

Reinhart und *Blessing* sehen insbesondere für mechatronische Produkte einen besonderen Vorteil in der virtuellen Produktion, da hier die originär sehr unterschiedlichen Ingenieurdisziplinen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und Informatik zusammentreffen und somit sehr komplexe Endprodukte entstehen. Die gegenseitigen Wechselwirkungen dieser Basistechnologien aufeinander können in der virtuellen Produktion mit einem geringen realen Modellaufwand getestet werden (vgl. [ReBI99], S. 1). *Kress* sieht in der virtuellen Produktion eine Schlüsseltechnologie für eine kundenindividuelle Serienfertigung, die wiederum Grundlage für die Wettbewerbsstrategie des Mass Customizing ist. Im Mass Customizing werden die unternehmerische Aktivität und das Produkt sehr stark auf den Kunden ausgerichtet. Dieser Herausforderung kommt die hohe Flexibilität von digitalen und virtuellen Produkten zu Gute (vgl. [Kree99], S. 7).

Zum Begriffsfeld der virtuellen Produktion ist auch der Prozess der virtuellen Montageplanung zu zählen. Durch die Verwendung von entsprechender VR-Technologie können manuelle, automatische oder auch hybride Arbeitsplätze geplant und in ihrer Ergonomie evaluiert werden. Ferner können Montagezeiten aufgenommen werden und durch den Test von Arbeitsplatzvarianten die Montagezeiten u. U. verkürzt werden, was wiederum die gesamte Durchlaufzeit verkürzt. Zur virtuellen Montageplanung kommt zur Visualisierung eine Holobench, die mehreren Personen einen stereoskopischen Eindruck simultan vermittelt, zum Einsatz (vgl. [PaRo99], S. 2 und [Kühn97], S. 21 f.). Dadurch kann eine gemeinsame Diskussion am „virtuellen Arbeitsplatz“ erfolgen. Die Geometrien des Arbeitsplatzes und der zu montierenden Teile werden in der Regel aus einem CAD-System übernommen (vgl. [JWJa99], S. 174). Die zentrale Aufgabe der Montagesimulation ist nun, den Montageprozess mit unterschiedlichen Varianten in Reihenfolge und Anordnung der Teile und Werkzeuge virtuell zu planen. Dabei ist vor allem die Planung der manuellen und automatischen Bewegungsabläufe wichtig (vgl. [PaRo99], S. 3).

Derzeitige Hindernisse beim Einsatz von virtueller Produktion sind mangelnde Simulationsfunktionalität, nicht vorhandene organisatorische und datenmäßige Integration der Simulations- und Visualisierungssysteme und die noch hohen Kosten für Rechner-systeme und VR-Hardware (vgl. [RKPa99], S. 1). Eine präzise Kollisionserkennung

stellt eine wichtige, aber sehr aufwändige Funktionalität eines VR-Systems in dieser Anwendung dar (vgl. [HKLS99], S. 82).

Neben der virtuellen Produktion werden VR-Komponenten schon längere Zeit im Umfeld der Robotik verwendet. Dort ergibt sich ein Anwendungsfeld beim Festlegen der Bewegungsabläufe der Roboterarme. Ein Verfahren besteht darin, dass durch manuelle Steuerung dem Roboter die Bewegungsschritte „einstudiert“ werden. Erfolgt das am realen Roboter, so hat das den Nachteil, dass während des Teach-In-Vorganges der Roboter nicht für die Produktion genutzt werden kann - u. U. sind davon auch benachbarte Fertigungsmaschinen und Transportsysteme betroffen. Erfolgt das Teach-In in einer virtuellen Welt, so kann während der Aufnahme der Bewegungsschritte das reale System voll genutzt werden. Beim VR-Teach-In existiert ein System, in dem der Roboter abgebildet ist. Der „Programmierer“ bewegt mit VR-Peripherie den Roboterarm, wobei die spezifische Software das Programm aufzeichnet und für den Roboter entsprechend codiert. Da es sich um ein wirkliches 3D-Abbild handelt, können Kollisionssituationen ohne materiellen Verlust genau erkannt werden (vgl. [SYBG99], S. 55 ff; [Irf00a], S. 12 und [Irf00b], S. 1 ff.). Weitere Anwendungsfelder von VR in der Robotertechnik ergeben sich beim Betrieb von Explorationsrobotern und beim Steuern von Handhabungsrobotern, die mit einem Kräfte rückkoppelungssystem ausgestattet sind (vgl. [STBI99], S. 129 und [SEKS00], S. 1 ff.).

Legt man das Konzept der virtuellen Produktion zu Grunde, dann sind weiterhin die Werkstattsteuerungsprozesse, die Fertigungs- und die Kontrollprozesse VR-gestützt denkbar. Bei einer konsequenten Umsetzung der virtuellen Produktion wären dann auch die PPS-Prozesse betroffen, welche die Fertigungsterminplanung kontrollieren.

2.2.4 VR im Personalwesen

Im Personalwesen ist der Einsatz von VR insbesondere für Schulungs- und Trainingszwecke relevant. Schon geraume Zeit werden sämtliche Piloten im zivilen und militärischen Bereich in Flugsimulatoren geschult. Diese Simulatoren sind eine Kombination aus realen Komponenten und VR-Merkmalen. In der Regel sind die Simulatoren aus einem realen 1:1-Cockpit aufgebaut, das über ein hydraulisches System in allen Freiheitsgraden bewegt werden kann. Die Bewegung wird von einem Computer kontrolliert, der Steuerbefehle des Piloten auswertet. Für die Simulation können die unterschied-

lichsten Szenarien wie Flughäfen, Wetterbedingungen, Tageszeiten, Maschinendefekte oder Flugzeugtypen gewählt werden (vgl. [Rich99], S. 2). Die Simulatoren werden zwar größtenteils für die Ausbildungssimulation eingesetzt, entstehen aber schon parallel zu einer Flugzeugentwicklung. D. h., neben dem eigentlichen realen Flugzeug wird permanent die Flugzeugsimulation fortentwickelt und mit der realen Welt abgeglichen. Dabei ist die Entstehung des Flugzeuges und die des Simulators ein sich gegenseitig kontrollierendes Procedere. Erfahrungen aus dem Simulator werden auf das Produkt übertragen und umgekehrt (vgl. [FCS00], S. 1).

Wenngleich der Ursprung der Ausbildungssimulation in der Pilotenausbildung liegt, werden heute auch andere Fahrzeugführer in ähnlich aufwändigen Simulatoren trainiert. So werden z. B. die Lokführer der Deutschen Bundesbahn in entsprechenden Simulatoren auf die tägliche Arbeit und auf Notfallsituationen vorbereitet. Auch für die Fahr-schulgrundausbildung und -weiterbildung ist die Verwendung von Simulatoren geeignet. Dabei ist eine breite Anwendung nur bei einer möglichst kostengünstigen Realisierung möglich (vgl. [MQCh97], S. 208).

Eine derzeitige Weiterentwicklung der Simulatoren erfolgt im sog. „Virtuellen Simulator“. Diese Systeme verbinden die VR-Technologie und die Simulationstechnik noch stärker. Im virtuellen Simulator existiert nicht mehr ein 1:1-Nachbau der Fahrzeugkabine, sondern nur noch eine Visualisierung der Kabine über VR-Hard- und Software. Durch die komplette Virtualisierung ist eine höchste Flexibilität gegeben, so dass diese Technologie für die Frühphasen einer Flugzeugentwicklung besonders nützlich ist (vgl. [Virt00], S. 1).

Um zu dokumentieren, dass VR für Trainings- und Schulungszwecke eingesetzt wird, sollen an dieser Stelle einige nicht-industrielle VR-Anwendungen skizziert werden. Zu Schulungszwecken wurde an der Universität Pennsylvania das Trainingssystem MediSim für die medizinische Erstversorgung entwickelt. Dabei geht es weniger um das Training der eigentlichen medizinischen Hilfe, sondern um das Training von Koordination und das situative Entscheiden in militärischen Kampfgebieten (vgl. [SSSo98], S. 198). In einem anderen militärischen VR-Trainingssystem der US-Navy werden Schiffsbrände und das entsprechende Vorgehen trainiert. Dieses System bildet exakt die Geometrie eines Schiffes ab und ermöglicht die Simulation diverser Unglückssituationen wie sich ausbreitendes Feuer, Rauch und Zerstörung von Schiffstei-

len. Die eigentliche Trainingsaufgabe ist, durch das teilweise unbekannte Schiff zu navigieren (vgl. [TSKi97], S. 62).

Einige weitere VR-Anwendungen aus dem nicht-industriellen Bereich finden sich in der schulischen Ausbildung. Hier finden sich Inhalte aus der Geographie, der Geschichte und der Literatur (vgl. [Kesl99], S. 41 und [Cart99], S. 103). In andere Anwendungen werden virtuelle Labors modelliert oder das Überqueren der Straße mit Kleinkindern geübt (vgl. [Masu99], S. 104 und [MCST97], S. 211). In der Regel wird in diesen Systemen VR einerseits als Medium zur Zusammenarbeit und andererseits als Simulationsumgebung genutzt. D. h., die VR-Welten werden als Unterrichts- und Kommunikationsraum benutzt (vgl. [Hert99], S. 97). Da diese Systeme in der Regel auf dem Internet basieren, können hierdurch ortsungebundene Lernszenarien mit mehreren beteiligten Personen realisiert werden (vgl. [John99b], S. 90; [JMOG99], S. 164 ff.; [GHLS98], S. 89 ff. und [JRLV98], S. 176 ff.). Dies führt dazu, dass der lokale Charakter der Schulen aufgehoben wird.

VR-Anwendungen finden sich weiterhin bei der Ausbildung von Medizinern. Durch haptische VR-Systeme können Mediziner in der Anwendung der Tastdiagnose, die vornehmlich auf längerer Erfahrung basiert, trainiert werden. In diesen Systemen werden z. B. Tumore simuliert, die über VR-Technologie sicht- und tastbar gemacht werden. Der Vorteil bei dieser Trainingsmethode liegt in der Flexibilität und vielmehr noch in der Schonung der Patienten (vgl. [DLBL97], S. 54 ff. und [BPPW98], S. 190 ff.).

Obgleich die genannten Anwendungsbeispiele dokumentieren, dass VR nutzbringend zur Ausbildung eingesetzt werden kann, finden sich erstaunlicherweise nur wenige Anwendungen im kommerziellen Bereich. Im Vordergrund stehen hier VR-Szenarien in denen Produktionslinien simuliert werden. Einerseits können damit Montagevorgänge simuliert und virtuell geübt werden und andererseits erlauben es diese Systeme, Ausnahmezustände und das entsprechende Eingreifen auf diese zu trainieren (vgl. [Adam97], S. 473 und [BHBS99]). Der große Vorteil bei VR-basierten Trainingssystemen liegt darin, dass in Szenarien trainiert werden kann, die in einer realen Trainingssimulation zu gefährlich, zu teuer oder unzugänglich wären (vgl. [John99a], S. 67).

Die Anwendungsbeispiele zeigen, dass im Unternehmen VR im Bereich der Ausbildung, im Sinne von Grund- und Fortbildung, einsetzbar ist.

2.2.5 VR in Kommunikationsprozessen

In Kommunikationsprozessen werden VR-Komponenten als Visualisierungswerkzeug und als Kommunikationsplattform, in den sog. Community Implementierungen, eingesetzt. Für Visualisierungsaufgaben wird VR eingesetzt, um Produktmodelle zu präsentieren und zu evaluieren. So werden z. B. Fahrzeuginnenräume von DaimlerChrysler Modellen virtuell von Testpersonen beurteilt. Da es sich um reine Computermodelle handelt, können unterschiedliche Varianten des Fahrzeugs sehr schnell und flexibel dargestellt und beurteilt werden. Neben der Darstellung von Produkten wird VR grundsätzlich zur Darstellung großer Datenmengen, die aus sehr unterschiedlichen Quellen, wie z. B. Finite Element Simulationen oder geologische Messungen, stammen können, genutzt (vgl. [Ma99], S. 133; [KSER97], S. 209 und [Side97], S. 342). Der Einsatz von VR zur Visualisierung von Ergebnissen statistischer Daten wird bei *Arns et al.* diskutiert und bewertet. Sie zeigen in einer Untersuchung auf, dass VR-Visualisierung gegenüber herkömmlicher 2D-Darstellung vorteilhaft ist (vgl. [ACCr99], S. 94 und [NCCr99], S. 39 ff.)³.

Die Netzwerktechnologie der vergangenen 10 Jahre revolutionierte die Infrastruktur der DV-Welt. Durch den weitflächigen Verbund und die durchgängige Erreichbarkeit aller Benutzer ist die Nutzung der Netze als Kommunikationsbasis sprunghaft gestiegen. Auf dieser Basis haben sich CSCW-Anwendungen wie z. B. das Workgroupcomputing und Mailsysteme etabliert. Die Fortentwicklung dieser Technologie zielt auf Telepräsenzsysteme ab, bei denen mehrere Teilnehmer, die örtlich weit verteilt sein können, über ein Computernetz miteinander über unterschiedlichste Medien kommunizieren. Durch diese Form der Telekooperation ergeben sich viele Vorteile, insbesondere die der Ortsungebundenheit (vgl. [Lali99], S. 1 ff.). Im industriellen Sektor stellt hier die Anwendung des „Collaborative Designs“ eine vielversprechende Nutzung dar. Bei diesen Anwendungen dienen VR-Szenarien als technische Basis für virtuelle Räume, in denen z. B. Design- und Entwicklungs- „Besprechungen“ stattfinden können. Der Vorteil solcher Systeme ist neben der Ortsungebundenheit, dass alle Teilnehmer in der 3D-

³ Die Ergebnisse ihrer statistischen Untersuchung sind zwar nicht repräsentativ, zeigen aber dennoch einen deutlichen Trend zur Vorteilhaftigkeit von VR-Visualisierung gegenüber 2D-Darstellung auf (vgl. [ACCr99], S. 94).

Szene gemeinsam arbeiten können und so das Produkt effizient entwickeln können (vgl. [GPMD97], S. 286 und [SBSi98]). Während heute diese VR-Technologie konkret ausschließlich im Bereich der F&E Kommunikationsprozesse diskutiert wird, skizziert *Fuchs* in [RWCL98] das Büro der Zukunft, in dem sämtliche Kommunikationsvorgänge über VR-Technologie in Kombination mit Video und Telephonie realisiert werden (vgl. [RWCL98], S. 1 ff.). Während beim Collaborative VR eine simultane Kommunikation im Vordergrund steht, nutzen *Imai et al.* VR zur asynchronen Kommunikation. Im System V-mail werden Nachrichten mit VR-Komponenten dargestellt und die Informationen in Form von Gestik und Sounds durch sog. virtuelle „Boten“ überbracht (vgl. [IJLP99], S. 78).

Die Einordnung von VR-Anwendungen in Unternehmensstrukturen erfolgt in Kommunikationsprozessen zu Kunden, zu Lieferanten und innerbetrieblich. Die Beispiele aus der Produktvisualisierung und aus dem Bereich der VR-Shops im Internet zeigen, dass VR in der Kundenkommunikation genutzt werden kann. Die Anwendungsbeispiele aus dem Bereich der Telekooperation belegen, dass die innerbetrieblichen Kommunikationsprozesse und auch die Kommunikationsprozesse zum Lieferanten VR-gestützt abgewickelt werden können.

2.2.6 Entwicklungsszenarien von VR

Da heute vernetzte 3D-fähige PCs zum privaten Standard geworden sind, ergibt sich für die Verbreitung von VR-Anwendungen eine breite Basis (vgl. [Beut98], S. 45). So betrug die Zahl der Internetnutzer Ende des Jahres 2001 in Deutschland über 30 Mio. Personen, was eine Studie der Deutschen Bundesregierung ergab (vgl. [Bund02]).

Weiterhin liefert der Computermarkt ständig verbesserte und schnellere Grafikkarten, die im Preisbereich des Consumermarktes liegen, an (vgl. [Bert99b], S. 188). Damit existiert heute eine Grundlage, auf der sich die VR-Technologie stark verbreiten kann. Derzeit sind bei den VR-Anwendungen zwei große Gruppen zu beobachten. Zum einen ist das der stetig boomende Internet-Sektor. Durch VR ist es im Internet möglich, Webseiten dreidimensional und damit begebar zu gestalten, was als neue Schlüsseltechnologie gewertet wird (vgl. [GrRa99], S. 4). Diese reizvollen 3D-Funktionen werden derzeit zwar von jedem neuen Browser unterstützt, die 3D-Bedienung hingegen ist noch

nicht vereinheitlicht und beim Benutzer noch nicht als Standardfunktion etabliert. Demnach ist die Verbreitung von 3D-Auftritten heute noch relativ gering.

Eine analoge Entwicklung wie bei der Akzeptanz von Browsern ist aber auch für die Akzeptanz von 3D-Tools und Web-Seiten zu erwarten. Damit ist abzusehen, dass VR im Internet zu einer breiten Anwendung, auch bei den zunächst technikaversen Benutzern, wird (vgl. [Zilk98], S. 25). Neben diesem Akzeptanzproblem tritt letztendlich auch das Hauptproblem der Internetnutzung – die geringe Übertragungskapazität – bei VR-Anwendungen im Internet auf. Obgleich mit VRML und dem SVR-Format virtuelle Welten kompakt beschrieben werden können, benötigen VR-Welten aufgrund ihrer geometrischen Komplexität trotzdem ein großes Speichervolumen (vgl. [Dieh97], S. 294 und [Pesc97]).

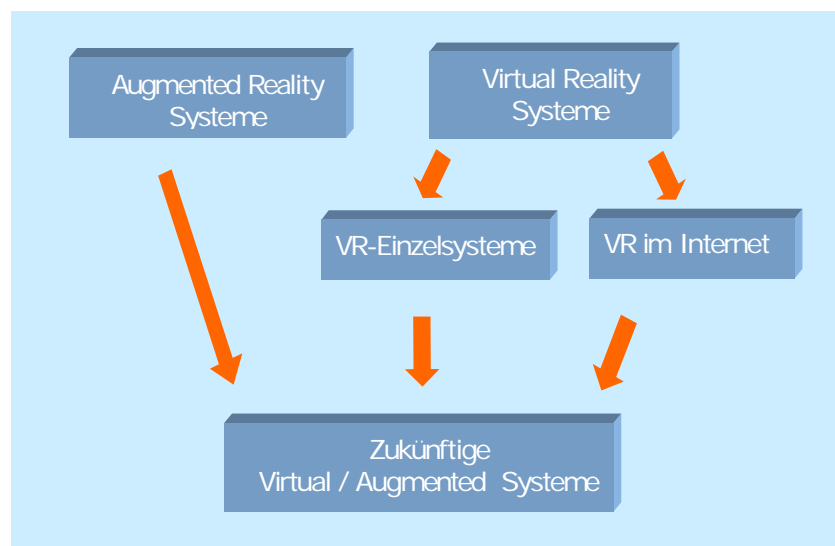


Abbildung 2-1: Entwicklungstendenzen

Auf der anderen Seite kommt VR in hoch spezifischen Anwendungen vor und dient hier in der Regel als Basis für Simulationssysteme. Diese Anwendungen sind häufig bestückt mit VR-Peripherie wie HMD und Datenhandschuhen und sind somit entsprechend aufwändig. Diese heute noch teuren VR-Geräte stehen demnach nur in kommerziell genutzten Systemen zur Verfügung. Dies gilt insbesondere für aufwändige visuelle Systeme, wie z. B. einer CAVE, in der sich mehrere Personen in VR-Szenen bewegen können, aber auch für die haptische VR-Peripherie und die dafür benötigte Basishardware.

Nachdem der Bedarf an höheren Übertragungsraten nicht nur für VR-Anwendungen, sondern auch für Multimedia und Videoapplikationen besteht, ist zu erwarten, dass in Zukunft wesentlich schnellere Netze zur Verfügung stehen. Konkrete Ansätze hierzu werden im Internet II, dem heute noch nicht öffentlichen Nachfolger des Internets, verfolgt (vgl. [Brit99], S. 1. ff. und [Inte02]). Mit den dort möglichen Bandbreiten stellt selbst die Übertragung von komplexen VR-Welten keine wesentliche Verzögerung bei der Internetnutzung mehr dar. Folglich ist zu erwarten, dass sich das Problem der schleppenden Datenübertragung durch die Verfügbarkeit der neuen Netze in naher Zukunft entspannt.

Weiterhin ist zu erwarten, dass das gesamte Spektrum an VR-Peripherie, das bislang i. d. R. nur kommerziellen Anwendungen vorbehalten blieb, einen Preisrutsch erfährt. Dies zeichnet sich bereits bei Datenbrillen ab, die systematisch für den Massenmarkt konzipiert werden. So ist mit dem Produkt i-glasses eine Datenbrille am Markt erhältlich, die mit einem Verkaufspreis von ca. 500 Dollar für den Consumersektor bestimmt ist. Auch im Bereich der haptischen Systeme wird zunehmend der Consumermarkt erschlossen; so stehen mit den Systemen der Feel-It Mouse und dem Rock´n´Ride Seat preiswerte haptische Endgeräte zu Verfügung. Beim Rock´n´Ride Seat handelt es sich um einen Sitz, der hydraulisch bewegt wird und als Endgerät für Spiele dient. Interessant dabei ist, dass dieses Gerät für ca. 180 Dollar erhältlich ist (vgl. [Frey99], S. 241).

Während im Bereich der Haptik und bei den Übertragungskapazitäten im Internet noch erhebliche Preissenkungen und Leistungssteigerungen zu erwarten sind, stellt der Bereich der Bildgenerierung in Echtzeit kein gravierendes Problem mehr dar. Am Markt sind Grafikkarten erhältlich, die in Echtzeit die visuelle Aufbereitung der VR-Szene ermöglichen.

Folglich ist zu erwarten, dass die beiden heute noch existierenden Anwendergruppen Internet einerseits und aufwändige kommerzielle Anwendungen andererseits wieder zusammen laufen und ein netzbasierter, mit kostengünstiger immersiver Peripherie bestückter PC zum Standard VR-Gerät wird (siehe Abb. 2-1).

Parallel zur derzeitigen Entwicklung von VR muss die Entwicklung von AR-Systemen betrachtet werden. Augmented Reality Systeme setzen prinzipiell auf VR-Technologie

auf, integrieren aber in die rein synthetischen VR-Szenen reale Daten, Bilder und Videos (vgl. [Inty99], S. 1 und [Rein98], S. 1). Somit kommt es zu einer Vermischung von gerenderten Bildern und realen Bildern, was wiederum neue Anwendungspotenziale erschließt. Exemplarisch seien hier folgende Projekte genannt, die bereits heute diese Technik nutzen:

- Autonome Produktionszellen

Um industrielle Leitstände ergonomischer zu gestalten wird im Projekt „Autonome Produktionszellen“ ein AR-System entwickelt, bei dem das Ziel ist, virtuelle Werkstücke in reale Produktionsanlagen hinein zu projizieren. Dabei trägt der Benutzer ein HMD, das reale Welt und virtuelle Objekte überlagert. Die Steuerung des Systems erfolgt durch Sprache (vgl. [Lack99], S. 49).

- Radiologische Bilddaten

Seibert/Hildebrand beschreiben eine medizinische Anwendung in [SeHe99]. Ähnlich wie bei dem oben skizzierten industriellen Projekt werden auch hier computer-generierte Bilder und reale Szenen-Bilder kombiniert. Konkret werden radiologische Bilddaten mittels eines halbtransparenten HMDs in die reale Ansicht eingeblendet. Somit kann der Arzt aus verschiedenen Blickwinkeln heraus in das „Innere“ des Patienten blicken (vgl. [SeHe99], S. 25).

- ARVIKA

Im Projekt ARVIKA werden AR-Anwendungen für die Unterstützung von Arbeitsprozessen in Entwicklung, Produktion und Service erforscht und umgesetzt. Dabei stellt ARVIKA ein Konsortium von unterschiedlichen Interessengruppen dar, zu dem u. a. deutsche Automobilhersteller, mittelständische Unternehmen, Kleinunternehmen sowie Forschungsinstitutionen gehören. Insbesondere sieht man strategische Vorteile für Mittelständler beim Einsatz von AR im Bereich von Wartung und Service (vgl. [Arvi99], S. 1 ff.).

- Vision: Vernetztes AR

Groves stellt eine Vision auf, in der sich die Menschen in Zukunft mittels einer AR-Datenbrille und drahtlosem Internet permanent in einem AR-Szenario bewegen können. Die Ortung der Personen erfolgt über GPS - einem heute schon verfügbaren Satellitensystem. Mit einem solchen System könnten Personen sich weltweit zu

jeder Zeit mit Informationen versorgen bzw. mit anderen Personen audiovisuell kommunizieren. *Groves* nennt eine Vielzahl an Szenarien – u. a. eine auf diesem fiktiven System basierende Stadtführung (vgl. [Gro99], S. 1 ff.).

Anhand dieser Beispiele wird deutlich, dass Augmented Reality, die logische Fortsetzung von Virtual Reality, der Ansatz für eine neue Schnittstelle von Mensch und Maschine ist. Damit ergeben sich neue Möglichkeiten zur Gestaltung von Benutzeroberflächen, nicht nur von Computern, sondern generell von technischen Maschinen und Lebensbereichen.

2.2.7 Relevanz von VR in Funktionsbereichen der Unternehmen

Die oben skizzierten VR-Anwendungen zeigen, dass VR bereits in verschiedenen Unternehmensbereichen nutzbringend eingesetzt wird. Um nun die möglichen Einsatzfelder im Unternehmen zu systematisieren und relevante Anwendungsfälle zu ermitteln wird eine funktionsbezogene Sichtweise eingenommen.

Hierzu wird eine entsprechende Übersichtsmatrix aufgestellt, die den Zusammenhang von Virtual Reality Technologie und den Funktionsbereichen der Unternehmen aufzeigt (siehe Anhang B). Diese Übersicht kann einerseits von generellem Interesse sein und stellt andererseits eine Vorbereitung für das später zu entwickelnde Beratertool dar, mit dem der Nutzen von VR-Komponenten analysiert wird.

In die Matrix fließen zwei Dimensionen ein. Vertikal werden die Funktionsbereiche und deren Unterfunktionen detailliert angetragen. Horizontal werden Komponenten der VR-Technologie aufgelistet, aus denen sich später Potenziale und daraus Nutzenkriterien ableiten lassen (siehe Anhang B). An den Kreuzungspunkten wird eine Bewertung angegeben, die aussagt, ob die technische Komponente in diesem Funktionsbereich einsetzbar und damit relevant ist. Es erfolgt eine jeweilige Bewertung in „gut“, „mittel“ und „schlecht“. Die Bewertung wurde auf Grund von Plausibilitätsüberlegungen gefällt, bei denen Anwendungsszenarien der speziellen VR-Komponente in dem Funktionsbereich projiziert wurden. Somit wird grundsätzlich dargestellt, ob eine VR-Komponente in einem Funktionsbereich sinnvoll einsetzbar ist oder nicht (siehe Anhang B).

Die Kategorisierung der Funktionsbereiche erfolgt in Anlehnung an *Mertens*. Er gliedert in zwölf Hauptbereiche, die wiederum in Unterbereiche aufgesplittet werden. Eine genaue Darstellung der Funktionen findet man bei *Mertens* in [Mert97], so dass an dieser

Stelle auf eine Einzelbeschreibung verzichtet werden kann. In die Matrix werden folgende Bereiche mit ihren Untergliederungen aufgenommen und vertikal angetragen (vgl. [Mert97] und siehe Anhang B):

- 1 Forschung und Entwicklung
- 2 Vertrieb
- 3 Beschaffung
- 4 Lagerhaltung
- 5 Produktion
- 6 Versand
- 7 Kundendienst
- 8 Finanz
- 9 Rechnungswesen
- 10 Personal
- 11 Gebäudemanagement
- 12 Kommunikation

Die Komponenten der betrachteten VR-Technologie werden horizontal angetragen. Die Gliederung erfolgt in die drei Hauptpunkte „VR-Peripherie“, „Repräsentation virtueller Objekte und Welten“ und „VR in verteilten Systemen“ (siehe Anhang B). Der Punkt „VR-Peripherie“ beschreibt Techniken, mit denen ein Eintauchen (Immersion) in virtuelle Welten ermöglicht wird. Hierzu zählen einerseits Eingabegeräte, wie z. B. Datenhandschuhe, Trackingsysteme und 3D-Scanner und andererseits Ausgabegeräte, die ein Sehen und Spüren der virtuellen Welten ermöglichen (vgl. [ABFG94a], S. 287; [AuB194], S. 144; [Will96], S. 140 und [PiTe95], S. 196 ff.). Zur visuellen Darstellung dreidimensionaler Räume bedarf es stereoskopischer Systeme, wie z. B. Datenhelm, Shutterbrillen und Cave, durch die ein realistischer 3D-Eindruck erreicht wird (vgl. [Bert99a], S. 45, [PiTe95], S. 150, [Göbe98], S. 41, [LaGH98], S. 16-1 ff. und [KiKi98], S. 48-1 ff.). Ein haptisches Feedback, also eine fühlbare Rückkoppelung, wird durch Geräte ermöglicht, die Kräfte oder Tasteindrücke simulieren. Auf eine detaillierte Beschreibung der Technologie wird hier verzichtet und auf *Ziegler, Massie* und *Ikei et al.* verwiesen (vgl. [Zieg98], [Mass98] S. 62 ff. und [IWFu97]).

Der zweite horizontale Gliederungspunkt beschreibt die „Repräsentation virtueller Objekte und Welten“ (siehe Anhang B). Hier werden Techniken gelistet um 3D-Objekte, Lichtobjekte und 3D-Schallquellen im Rechner abzubilden und virtuell begehrbar zu machen. Eine ausführliche Darstellung findet man u. a. bei *Encarnacao, Brugger* und *Häßler* (vgl. [Enca96]; [Enca97]; [Brug94], [Brug95] und [Häß196]).

Der dritte Gliederungspunkt zeigt VR-Technologien auf, die zur Kommunikation in virtuellen Räumen dienen (siehe Anhang B). Durch diese Technik können Treffen in virtuellen Räumen realisiert werden, ohne dass die Partner sich physisch am gleichen Ort befinden. Zur Gestaltung dieser Szenarien siehe auch [JHSt98], [KeLu97], [AnMa97], [DoZi98], [GVCP98] und [McSt98].

Die so aufgestellte Matrix gibt einen Überblick, welche Technologie an welcher Stelle im Unternehmen einsetzbar ist. Sie kann demnach eingesetzt werden um einen IT-Entscheider auf Innovationspotenziale durch VR in den Funktionsbereichen aufmerksam zu machen. Nachdem die Matrix sehr umfangreich und technisch detailliert ist und die Aussagen auf Plausibilitätsüberlegungen basieren, wird ein zweiter Ansatz entwickelt, mit dem die VR-relevanten Funktionsbereiche ermittelt werden.

In diesem Ansatz werden nicht detaillierte Techniken bewertet, sondern es wird über eine Kennzahl beschrieben, wie hoch die Relevanz der VR-Technologie für eine Funktion oder Teilfunktion ist. Somit hat die horizontale Achse keine weitere Bedeutung. Ausgangspunkt für die Kennzahl stellt die Definition von VR dar, die ausführlich in Kapitel 2.1 gegeben ist. Zusammenfassend zeichnen sich VR-Anwendungen durch die Eigenschaften Interaktivität, Echtzeitfähigkeit, Simulationskomponente, 3D-Computerdaten und Immersion aus.

Diese Definitionskriterien werden für jeden Funktionsbereich und Unterbereich betrachtet und prozentual bewertet. Ziel ist es, eine Relevanzkennzahl aufzustellen, anhand derer beurteilt werden kann, ob ein Funktionsbereich bzw. -unterbereich für VR-Technologie prädestiniert ist. Zur Generierung dieser prozentualen Kennzahl werden die Definitionskriterien von VR zunächst getrennt bewertet und eine jeweilige prozentuale Teil-Relevanz aufgestellt. So erfolgt z. B. für den Bereich von Entwurf und Konstruktion folgende Einschätzung:

- Interaktivität 100%
- Echtzeitfähigkeit 50%
- Simulationskomponente 80%
- 3D-Computerdaten 100%
- Immersion 50%

Die Einschätzung ist transparent, da sehr klar ausgesagt werden kann, wie intensiv der Funktionsbereich mit den aufgeführten technischen Eigenschaften zusammenhängt. Werden diese Teil-Relevanzen nun zu einer einzigen Relevanzkennzahl zusammengefasst (arithmetisches Mittel), erhält man ein Kriterium, das die VR-Relevanz des Funktionsbereiches repräsentiert.

Die eingehenden Teil-Relevanzen werden in dieser Version gleichgewichtig bewertet. D. h., die Einschätzung von z. B. Interaktivität und Immersion beeinflussen das Endergebnis gleichgewichtig. Da Interaktivität und Echtzeitfähigkeit zwar eine Definitionsanforderung an VR darstellen, jedoch generell bei Computeranwendungen gegeben sind, sollen die typischen VR-Eigenschaften betont werden. Dies erfordert die Einführung einer Gewichtung, wie sie in Bewertungssystemen üblich ist (vgl. [Uter96], S. 46). Da bei VR die Simulation, der 3D-Raum und die Immersion typische Eigenschaften sind, werden diese durch die Einführung eines Gewichtes betont.

Tabelle 2-1: Gewichtung der Bewertung

	Gewichtung	Bewertung	Bewertung (gewichtet)
Interaktivität	1	100 %	100 %
Echtzeitfähigkeit	1	50 %	50 %
Simulationskomponente	3	80 %	240 %
3D-Computerdaten	2	100 %	200 %
Immersion	2	50 %	100 %

Rechnerisch ergibt sich die Relevanzkennzahl nun durch:

$$\text{Relevanzkennzahl} = \text{Summe}(\text{Bewertung gewichtet}) / \text{Summe}(\text{Gewichtung})$$

Gleichung 2-1

Im herausgegriffenen Beispiel ergäbe sich die **Relevanzkennzahl** für den Bereich Entwurf und Konstruktion zu 77 %, was anzeigt, dass hier ein mögliches Einsatzfeld für VR gegeben ist (siehe Anhang B). Somit wird für jeden Funktionsbereich und -unterbereich in Anhang B eine Relevanzkennzahl ermittelt.

Die Darstellungen in Anhang B ermöglichen nun einem IT-Entscheider eine schnelle Orientierung, an welcher Stelle sich im Unternehmen VR-Projekte installieren lassen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass diese hier für VR exemplarisch aufgestellte Matrix sich auch auf andere IT-Innovationen übertragen lässt. Hierzu sind die jeweiligen technischen Komponenten aufzustellen und zu bewerten. Über die typischen Eigenschaften einer Technologie kann, analog der hier gezeigten Version, ein Relevanzkennzahl ermittelt werden, die auf einen möglichen Einsatzbereich hinweist.

2.3 Perspektiven von Anwendern und Entwicklern

Da zum Thema VR-Einsatz und dessen Nutzenbewertung zum Start der Arbeit keine empirischen Untersuchungen vorlagen, jedoch ein Meinungsbild aus der Praxis als Grundlage für das weitere Vorgehen wichtig erschien, wurde eine Umfrage bei Anwendern und Anbietern von VR-Systemen und -Komponenten durchgeführt. Der Befragungszeitraum lag im ersten Halbjahr 1997. Es wurden ca. 40 Fragebogen an Anwender ausgegeben, von denen 28 ausgewertet werden konnten. An Entwickler und Anbieter wurden ca. 15 Bögen ausgegeben, von denen 8 zurückliefen⁴.

Da in dieser Arbeit insbesondere der Einsatz von VR im Unternehmen im Vordergrund stehen soll, wurde der Anwenderkreis entsprechend auf den industriellen Bereich fokussiert. Nicht befragt wurden somit Anwender der Unterhaltungsbranche oder der Medizin. Schwerpunktmäßig wurde befragt, inwiefern die Technik der „Virtuellen Realität“ ökonomischen Nutzen stiftet. Da zum Befragungszeitraum in der Fachliteratur noch

⁴ Die Anzahl der ausgegebenen Fragebögen kann nicht absolut präzise erfolgen, da der Anwenderfragebogen indirekt über den Vertrieb von VR-Anbietern (AnySim) verteilt wurde.

keine Studien über Einsatzfelder und Nutzenbetrachtungen von Virtual Reality Systemen vorlagen, wurde eine eigene Befragung von Anwendern durchgeführt.

Die Auswahl der Fragen und Teilnehmer basiert auf der Überlegung, dass sich potenziell VR-relevante Geschäftsprozesse im Unternehmen sowohl im technischen als auch im kaufmännischen Sektor finden lassen. Im technischen Bereich ist dies wie oben gezeigt insbesondere der Unternehmensprozess der Forschung und Entwicklung in Verbindung mit dem Produktdesign. Hier wird VR eingesetzt, um verschiedene Produktvarianten schnell und flexibel darzustellen und diese in Diskussionsrunden zu visualisieren. Zudem können Ergonomiestudien in der virtuellen Welt durchgeführt werden (vgl. [JAHK97], S. 25). Weitere Anwendungsfelder im technischen Sektor liegen in der Planung und Simulation von Fertigungsanlagen und in der Produktionsvorbereitung (vgl. [Cuip98], S. 7 und [BeSc98], S. 20/1 ff.). Im kaufmännischen Bereich lässt sich VR im Vertrieb als Planungsinstrument für Individualprodukte einsetzen. Somit kann ein individuell konfiguriertes Produkt dem Kunden vorab als VR-Szenario präsentiert werden, ohne dass es bereits existiert.

Unter Experten werden hier allgemein Anwender und Entwickler von VR-Systemen verstanden, die diese Systeme in Unternehmensprozesse längerfristig integriert haben. Bewusst ausgeklammert sollen solche Anwendungen werden, die einmaligen Charakter haben, z. B. Eventmarketing-Aktionen. Etliche VR-Entwicklungen wurden erstellt, um auf Messen Produkte bekannt zu machen. So benutzte Motorola auf der CeBit96 das virtuelle Bogenschießen und SyQuest einen virtuellen Flug durch das SyQuest Gebirge, um auf ihre Produkte aufmerksam zu machen. Solche Projekte, die nur kurzzeitig genutzt wurden, sollen hier nicht betrachtet werden. Weiterhin sollen reine Forschungsprojekte, bei denen kein pragmatisches Moment vorhanden ist, ausgeklammert bleiben.

Ziele der Befragung

Um dem Thema von handhabbaren Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von VR-Projekten näher zu kommen, bot es sich an, zunächst den aktuellen Stand der noch neuen Technologie zu analysieren. Daher wurde eine Befragung von fachkompetenten Anwendern von VR-Technologie ins Auge gefasst. Die Befragung der ausgewählten Experten wurde mit der Zielsetzung durchgeführt, einen groben Überblick über das Pro-

fil von VR-Anwendungen zu erlangen. Dabei waren insbesondere Antworten auf folgende Fragenkomplexe interessant:

- Was versteht der Anwender unter Virtual Reality ?

Wie bei vielen Kunst- und Modewörter besteht auch bei diesem Begriff die Gefahr, dass unterschiedliche Technologien ähnlichen oder gleichen Begriffen zugeordnet werden. Um eine einheitliche Betrachtungsbasis zu gewährleisten, wurde zunächst der Begriff hinterfragt.

- Wer setzt Virtual Reality im Unternehmen ein ?

Wie oben bereits erwähnt, stellt die Anwendung von VR insgesamt ein inhomogenes Bild dar. In diesen Punkten soll hinterfragt werden, ob sich heute spezielle Branchen oder Gruppen aufzeigen lassen, die verstärkt VR einsetzen.

- Wo wird Virtual Reality im Unternehmen eingesetzt ?

Neben spezifischen Anwendergruppen könnten Unternehmensprozesse oder Funktionsbereiche existieren, die sich besonders durch VR unterstützen lassen. Um dies trendmäßig aufzuzeigen, wurden Fragen zu dieser Gruppe formuliert.

- Warum wird Virtual Reality eingesetzt ?

Im Rahmen dieser Befragung steht die Nutzenbetrachtung von VR-Systemen im Vordergrund. Es war somit wichtig, die Motive des Technikeinsatzes zu erfahren.

- Wurden Nutzenbetrachtungen durchgeführt ?

Da VR auch heute noch einen stark experimentellen Charakter hat, war es wichtig zu hinterfragen, ob Nutzenbetrachtungen durchgeführt und wie diese von den Entscheidern als sinnvoll bewertet wurden.

Besonders die Nachfrage nach Nutzenabwägungen war wichtig, da im weiteren Verlauf der Arbeit ein spezielles Nutzenbewertungsmodell für VR-Anwendungen erarbeitet und eingesetzt wurde (siehe auch Kapitel 6). Da keine Studien zum Thema VR und daraus entstehender Nutzen bekannt waren, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine prospektive Umfrage durchgeführt.

Methodik und Ablauf der Befragung

Während es bei Umfragen zu Massenprodukten relativ einfach ist, die Grundgesamtheit zu definieren, ergeben sich für High-Tech-Produkte, insbesondere VR-Projekte, erhebliche Schwierigkeiten. VR-Anwender sind im Unternehmen weit verstreut, es existieren keine eigentlichen VR-Abteilungen und der gesuchte Kreis von Experten ist nicht direkt ansprechbar wie Konsumenten von Massenprodukten. Um einen kompetenten Kreis von Befragten zu erschließen, wurden VR-Anbieter aufgesucht. Diese konnten konzentriert auf der Virtual Reality World 96 in Stuttgart und auf der CeBit96 und 97 gefunden werden (vgl. [LIST97] und [VRWO96]). Nach individuellen Gesprächen mit VR-Anbietern konnte eine Liste von kompetenten Ansprechpartnern aufgestellt werden, die als Grundlage für die Expertenbefragung diente. Bei der Aufstellung dieser Probandenliste wurde bereits im Vorfeld darauf geachtet, dass es sich um den gesuchten Anwender- und Entwicklerkreis handelt. D. h., es wurde versucht, bereits bei der Aufstellung der Liste nur die Personen aufzunehmen, die auch wirklich kompetent sind und sich nicht nur zufällig in einem Firmenverteiler befinden. Diese Vorgehensweise widerspricht stark einer statistischen Zufallsstichprobe, so dass bei der Auswertung keine statistischen Methoden eingesetzt werden können. Sämtliche im Folgenden gemachten Aussagen sind somit rein informativ aufzufassen und zeigen das Meinungsbild von ausgewählten Experten auf - sie dürfen somit nicht als wahrscheinlichkeitstheoretisch belegt angesehen werden.

Zur Befragung der Entwickler wurde ebenfalls eine Liste aufgestellt, die die führenden VR-Entwickler in Deutschland beinhaltet. Erwartungsgemäß ist der Umfang dieser Liste eher bescheiden, da man bei der Beobachtung des Marktes schon frühzeitig erkennen konnte, dass die Anzahl der konkreten VR-Anbieter relativ klein ist. Gleichzeitig ist jedoch auch heute zu erwarten, dass, bedingt durch den Innovationsschub des Internets, sich immer mehr Anbieter auch für den Bereich der Virtual Reality besonders im Zusammenhang mit dem Internet abzeichnen werden (vgl. [Rade97], S. 1). Somit ist zu erwarten, dass in naher Zukunft auch eine Massenbefragung zu diesem Thema durchführbar wäre.

Probleme bei der Durchführung

Bei der Befragung traten verschiedene Probleme in der Durchführung auf. Da die Entwicklung des Themas Virtual Reality sich unter starker Dynamik, bezogen auf den technischen Stand, aber auch auf Marktgröße und Unternehmensstrukturen, vollzieht, musste im Zeitraum 96/97 eine Momentaufnahme erfolgen. Die Befragung und die daraus abgeleiteten Ergebnisse haben somit stark zeitpunktbezogenen Charakter.

Im Fokus der Befragung standen Personen, die als ernsthafte Entwickler oder Anwender von VR-Produkten in unternehmerischen Prozessen gelten. Da VR in der Anwendung keiner bestimmten Branche zurechenbar ist, ergibt sich das Problem, möglichst breit gestreut Experten zu erreichen. Ein direkter Weg führte hier über entsprechende Fachmessen, wie oben bereits erwähnt. Ausgehend von den Anbietern und Entwicklern konnte eine Liste von Anwendern erstellt werden, die eine kompetente Befragung ermöglichte. Bei diesem Vorgehen traten jedoch folgende Schwierigkeiten auf.

- Die angesprochenen Teilnehmer, die sich grundsätzlich positiv zur Teilnahme an der Befragung äußerten, waren in der Regel auf der Ebene von Abteilungsleitern. Dieser Personenkreis ist in starkem Maße beruflich beansprucht, so dass deren Motivation, an der Umfrage teilzunehmen, entsprechend gering war. Die zunächst telefonisch angekündigten und vereinbarten Fragebogen mussten in fast allen Fällen durch jeweils mehrere Telefonate erläutert und zurückgefordert werden.
- Der Ausgangspunkt eine Anwenderliste zu erstellen, führte logischerweise über die Anbieter von VR-Systemen. Aus verständlichen Gründen reagierten die VR-Anbieter entsprechend zurückhaltend, da sie hier gezwungen waren, Kundenlisten und damit firmeninterne Informationen nach außen zu geben. Dies führte dazu, dass der Kreis der Befragten zwangsläufig eingeschränkt wurde. Dies ist besonders bei großen VR-Anbietern wie *realax* und *Deneb*, die ein Preisgabe von Kunden ausschlossen, schade, da hierdurch einige Kompetenzen nicht erreicht werden konnten (vgl. [Ande97] und [Dene97]).
- Da Virtual Reality eine Simulationstechnologie ist, wird diese Technik häufig im Bereich der Forschung und Entwicklung eingesetzt. Diese Abteilungen gehören traditionell zu den Sicherheitsbereichen der Unternehmungen. Aus Gründen der Geheimhaltung ist es verständlich, dass einige VR-Anwender nicht bereit waren, den

zugesandten Fragebogen nach Sichtung der Fragen zu beantworten (vgl. [Rein97b]). Somit konnten aus diesem Grunde interessante Anwender nicht befragt werden.

Trotz der genannten Schwierigkeiten konnten kompetente Teilnehmer im Fokus dieser Arbeit erreicht werden - eine Auflistung der Firmen und eine Projektbenennung erfolgt unten in Kapitel 2.3.1.

Aufbau der Befragung

Für die Befragung der Entwickler und der Anwender wurden gleichermaßen die Fragenkomplexe „Allgemeines“, „Entscheidungsprozess“ und „Technik“ aufgestellt. Für Anwender kam eine weitere Kategorie „VR-Projekte“ hinzu.

Die Kategorie „Allgemeines“ beinhaltet Fragen zur allgemeinen Einordnung der Probanden. Dieser Bereich soll zunächst den Befragten und dessen Umfeld charakterisieren. Hier wurden Fragen zur Branche, Firmengröße und zur allgemeinen Markteinschätzung formuliert. Weiteres Ziel war es aufzuzeigen, in welchen Unternehmensbereichen VR eingesetzt wird.

Unter „Entscheidungsprozess“ wurden Fragen formuliert, die auf Gründe für den VREinsatz und auf Nutzenbewertungsmethoden, die einen Schwerpunkt dieser Arbeit bilden, abzielen. Insbesondere wurde die Meinung über ein vierstufiges Vorgehensmodell eingeholt, das zum damaligen Zeitpunkt im Rahmen dieser Arbeit diskutiert wurde – später aber durch einen fuzzybasierten Ansatz substituiert wurde.

Da der Begriff Virtual Reality durchaus unterschiedlich aufgefasst werden kann (vgl. [Zilk96], S. 114) wurde durch den Fragenteil „Technik“ die Definition des Begriffes und damit die technische Grundlage der Befragung abgeglichen. Weiterhin sollte befragt werden, welche Eigenschaften für die jeweilige Auffassung von VR im Vordergrund stehen.

Die Gruppe der Anwender wurde zusätzlich zu konkreten VR-Projekten befragt. Anhand der Projektangaben kann im Einzelfall überprüft werden, ob der Proband zum gesuchten Probandenkreis zählt oder ob er auszuschließen ist. Ferner wurde befragt, inwieweit ein VR-Projekt Nutzen stiftet und wie hoch sich dieser Nutzen bewerten lässt.

2.3.1 Ergebnisse der Anwenderbefragung

Der Anwenderfragebogen umfasst 26 Fragen (siehe Anhang C). Aus diesem Fragenkanon lassen sich die Kriterien Anwenderprofil, VR-Anwendungen, Gründe und Nutzenkalkül sowie Definitionsabgleich aufstellen. Befragt wurden Mitarbeiter folgender Firmen:

- Roland Ernst Unternehmensgruppe
- Dt. Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe GmbH
- Daimler Benz Forschungsabteilung Ulm
- Asea Brown Boveri
- Mannesmann DEMAG AG
- Ingenieurtechnik Georg Zeller
- Vaillant GmbH & Co.
- Deutsche Leasing
- Lucas - Partner der Automobilindustrie
- Mannesmann DEMAG
- GEC ALSTHOM Energie GmbH
- Zentrum für Graphische Datenverarbeitung
- Fraunhofer Inst. für grafische Datenverarbeitung - Rostock
- Vierte Art GmbH
- Fraunhofer Inst. für grafische Datenverarbeitung - Darmstadt
- Playmobil - Zirndorf
- Vitra Service GmbH
- Echtzeit GmbH
- Daimler Benz AG - Berlin
- Bosch Telecom
- Sende Zentrum München (SZM-Studios - PRO7 Gruppe)
- Princess Interactiv
- Sennheiser electronic GmbH&CoKG
- Mercedes Benz AG - Sindelfingen
- Digital Equipment
- VW - Wolfsburg
- DATEV eG.
- Anonym

Somit ist ein Rücklauf von 28 Fragebogen erfolgt.

2.3.1.1 Anwenderprofil

Wird von einem Anwender im Allgemeinen gesprochen, so lässt sich hinter dem Begriff einerseits die Person und andererseits das Umfeld der Person - die Unternehmung, in der er tätig ist, - sehen. In den Frage 1 bis 4 wurden interne und externe Aspekte befragt.

Externes Profil

In Frage 1 wurde konkret nach der Branche, in der ein Anwender tätig ist, gefragt. Diese Frage wurde aufgenommen, da die Fragebögen teilweise anonym versandt wur-

den. Die Aufstellung in 2.3.1 ergibt sich aus den teilweise freiwilligen Angaben aus den Rückläufen. Neben einer traditionellen Branchenaufteilung, wie sie in der Praxis üblich ist, wurde eine freie Antwort ermöglicht. Die Ergebnisse gemäß Diagramm 2-1 zeigen, dass sich keine markante Branche abzeichnet. Insbesondere die starke Nutzung der Option „andere, und zwar“ mit 10 von 28 zeigt, dass die VR-Nutzung offenbar nicht an eine spezielle Branche gebunden ist.

Unter den freien Antworten traten u. a. auf: Bergbau, Metallindustrie, Forschung, Möbelindustrie, Telekommunikation, Elektroindustrie und Banken. Die Antworten zeigen weiterhin auf, dass der Schwerpunkt im industriellen Bereich und in der Beratung liegen. Handelsunternehmen waren nicht vertreten.

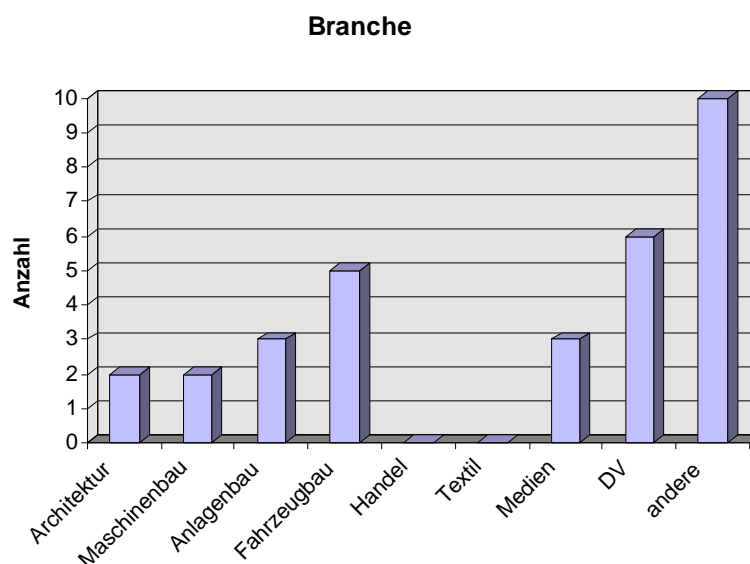


Diagramm 2-1: Branche (Frage 1 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Der Einsatz von VR-Systemen erfolgt überwiegend in großen Firmen, die grundsätzlich innovativ in Bezug auf neue Techniken denken. Dies zeigt die Auswertung von Frage 2 und Frage 3 (siehe Diagramm 2-2 und 2-3).

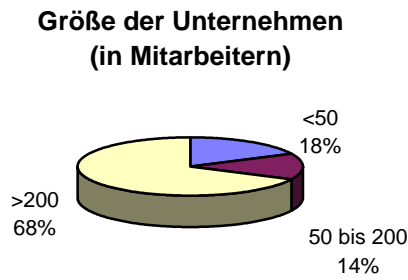


Diagramm 2-2: Größe der Unternehmen. (Frage 2) **Diagramm 2-3: Innovationsfreude (Frage 3)**

Internes Profil

Das interne Profil soll aufzeigen, in welchen Funktionsbereichen und Abteilungen die Befragten und damit die Funktionäre der VR-Anwendung tätig sind. Die befragten Experten dominieren in Bereich der Forschung und Entwicklung, wie Diagramm 2-4 deutlich zeigt. Erwartungsgemäß findet man Angaben zur DV-Abteilung und zum Management. In der Gruppe „andere und zwar“ wurden genannt: IV-Koordination, Berater, Unternehmenskommunikation, F&E, Netzwerkplanung. Fasst man diese freien Antworten und die Abteilung DV zu Informationsmanagement zusammen, so lassen sich die internen Schwerpunkte F&E und Informationsmanagement aufstellen.

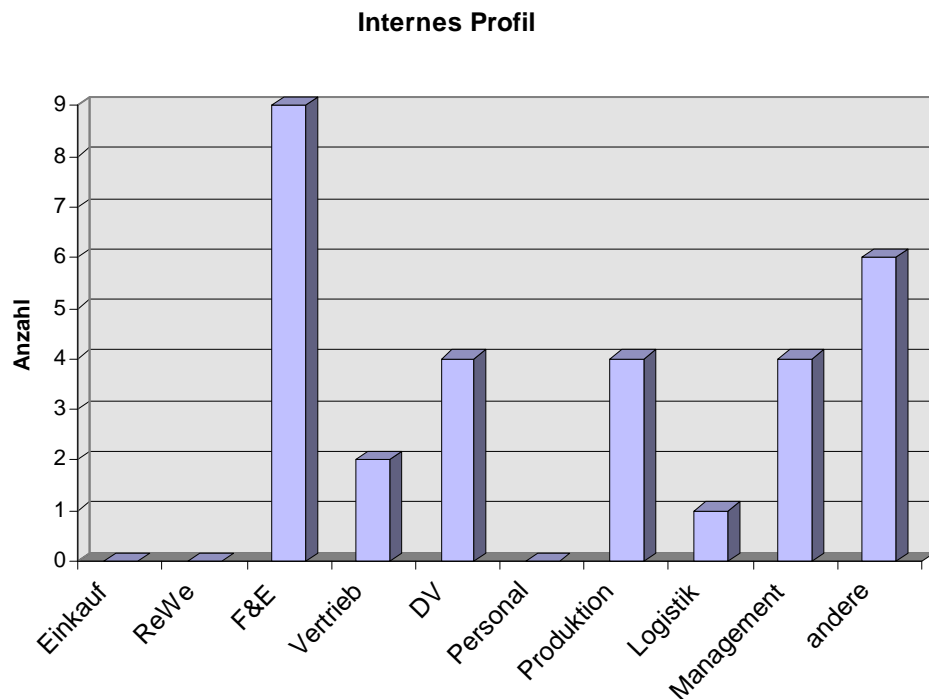


Diagramm 2-4: Internes Profil (Frage 4 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

2.3.1.2 VR-Anwendungen im Unternehmen

Bevor einzelne Projekte genannt werden, soll dargestellt werden, wie bei den Befragten die VR-Anwendung in das Unternehmen integriert wurde. In Frage 9 geht es darum, welche Abteilungen an den jeweiligen VR-Projekten beteiligt sind (siehe Diagramm 2-5). Hier ergibt sich eine ähnliche Charakteristik wie bei Frage 4, die sich mit der Position des Probanden beschäftigt. In Frage 9 musste jedoch eine Mehrfachnennung ermöglicht werden, da durchaus zu erwarten war, dass eine VR-Anwendung sich in mehrere Funktionsbereiche bzw. Unternehmensprozesse einfügt. Zunächst zeigt sich in der Häufigkeit eine Parallelität zur 4. Frage. D. h., auch hier ist die Sparte Forschung und Entwicklung mit Konstruktion am stärksten besetzt. Weiterhin sind hauptsächlich DV, Produktion und Vertrieb genannt. Bei freien Antworten wurden Marketing, Design und Unternehmenskommunikation genannt. Diese Antworten sind jedoch den oben genannten zuzuordnen.

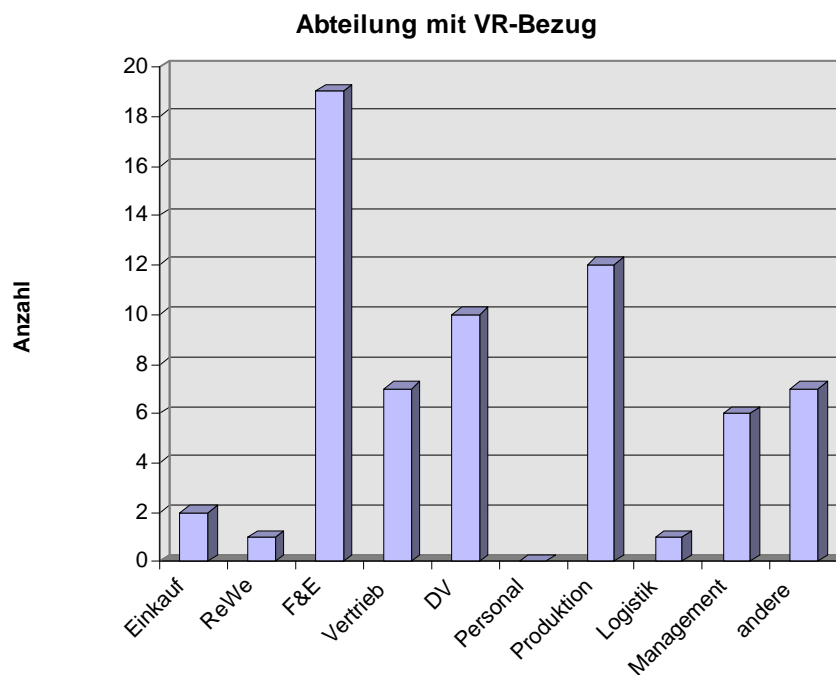


Diagramm 2-5: Abteilungen mit VR-Bezug (Frage 9 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Wird die Frage 9 danach ausgewertet, wie viele Abteilungen bei den Anwendern betroffen sind (siehe Tabelle 2-2), so ergibt sich eine Darstellung nach Diagramm 2-6. Hier zeigt sich, dass am häufigsten nur eine Abteilung und kontinuierlich abnehmend mehrere Abteilungen an VR-Projekten beteiligt sind.

Tabelle 2-2: Auswertung von Frage 9

Abteilungen	Häufigkeit	Rel. Häufigkeit
eine	10	38 %
zwei	7	25 %
drei	6	21 %
vier	3	11 %
fünf	2	7 %

Anzahl beteiligter Abteilungen

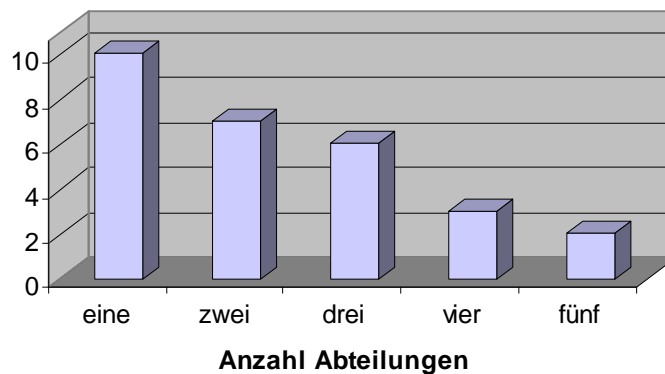


Diagramm 2-6: Anzahl von Abteilungen mit VR-Bezug

Dies lässt vermuten, dass VR-Anwendungen hauptsächlich Insellösungen in speziellen Abteilungen darstellen. Diese These lässt sich untermauern, wenn die skizzierten Projekte betrachtet werden. Genannt wurden in Frage 5 z. B. Einbausimulation, Ergonomieuntersuchung, Simulation von Bewegungsabläufen in der Fertigung, Simulation der Fertigung, Endlagerplanung, NC-Simulator und ähnliches. Diese Anwendungen haben alle stark isolierten Charakter.

Ein weiteres Indiz hierfür liefert Frage 10 (Diagramm 2-7). Dort antworteten 85% der Befragten, dass die bestehende Datenstruktur bei der VR-Einführung nur gering bzw. überhaupt nicht geändert werden musste.

Änderung Datenstruktur

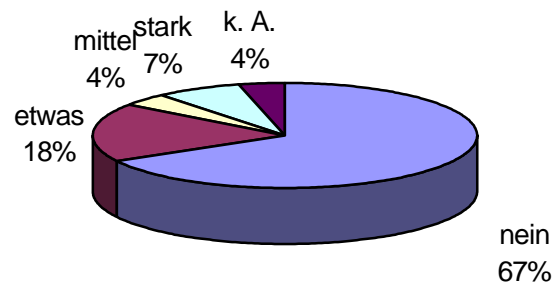


Diagramm 2-7: Änderung der Datenstruktur (Frage 10)

Durch Frage 11 (Existiert im Unternehmen eine CIM-Struktur und ist die VR-Anwendung hier eingebunden ?) wird jedoch dokumentiert, dass die Anwendungen in das Gesamtsystem integriert sind, obgleich sie eigenständigen Charakter besitzen. Dies mag sich auf den ersten Blick widersprechen - lässt sich aber dennoch durch Frage 12 (Wurden durch ein VR-Projekt in Ihrem Unternehmen andere Techniken substituiert?) erklären, die zu 64% aussagt, dass die VR-Anwendungen additiv und nicht substituierend verwendet werden.

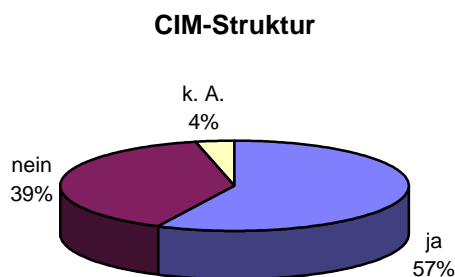


Diagramm 2-8: CIM Struktur (Frage 11)

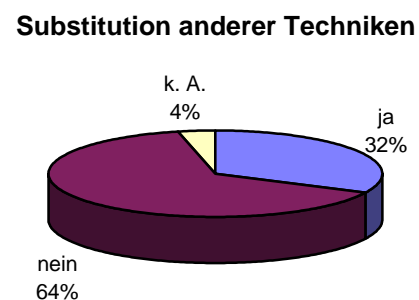


Diagramm 2-9: Substitution anderer Techniken (Frage 12)

Die Fragen 9 bis 12 lassen somit erkennen, dass die untersuchten Anwendungen additiv in das Unternehmen aufgenommen und in eine bestehende DV-Landschaft datenmäßig integriert wurden, aber dennoch Einzelplatzcharakter besaßen.

2.3.1.3 Gründe für den VR-Einsatz

Um die Motivation zum Einsatz von Virtual Reality im Unternehmen zu untersuchen, wurde nach Gründen für dessen Einsatz gefragt. In Frage 13, welche die Gründe firmenintern beinhaltet, wurden vier Blöcke gebildet. Diese sind Kostensenkung, Geschwindigkeitserhöhung, Flexibilitätserhöhung und Einsatz zur Kommunikation. Wie Diagramm 2-10 kumuliert zeigt, wurden alle vier Gruppen fast gleichmäßig als Gründe genannt. Lediglich die Komponente Kommunikation hebt sich geringfügig ab. Bei der Betrachtung der Detaildaten wird deutlich, dass die Erhöhung der Geschwindigkeit sowie der Flexibilität im Unterbereich Administration und Verwaltung nur in einem bzw. zwei Fällen genannt wurde (Diagramm 2-11).

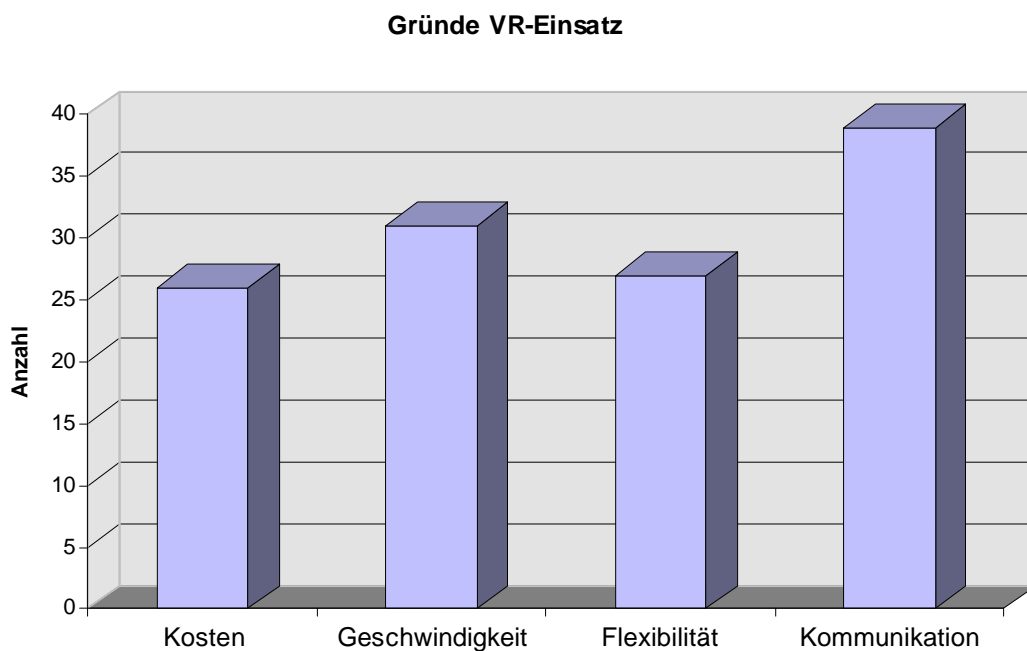


Diagramm 2-10: Gründe für VR-Einsatz (Frage 13 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung, Daten zusammengefasst)

Gründe für den VR-Einsatz

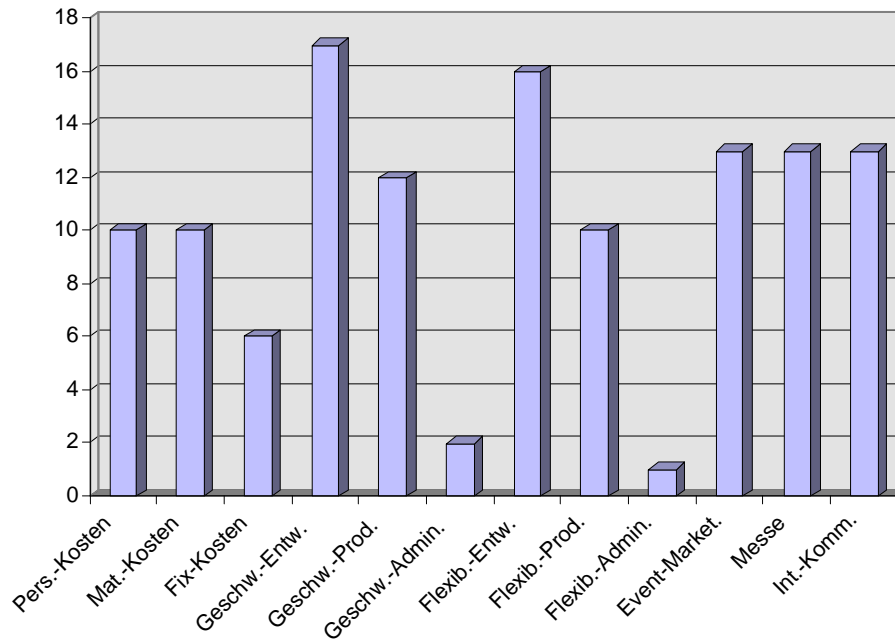


Diagramm 2-11: Gründe für den VR-Einsatz (Frage 13 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Bei Gründen, die unternehmensextern zu sehen sind, zeigt sich eine geringe Gewichtung auf Steigerung der Produktqualität und Erlangung eines Wettbewerbsvorteils (ohne nähere Spezifikation). Weiterhin häufig genannt wurden Erschließung neuer Märkte, Imageverbesserung sowie Ermöglichung neuer Kommunikationsmedien (siehe Diagramm 2-12, Frage 14). Die geringe Nutzung der Option „andere und zwar“ deutet an, dass keine wesentlichen Gründe in den Frageoptionen fehlten. Unter dieser Option wurden genannt: Optimierung des Fertigungsablaufes, Reduzierung von Anlaufzeiten, Durchführung von Forschungsprojekten im nicht kommerziellen Bereich und Visualisierung von Organisationsberatung.

Weitere Gründe für VR-Einsatz

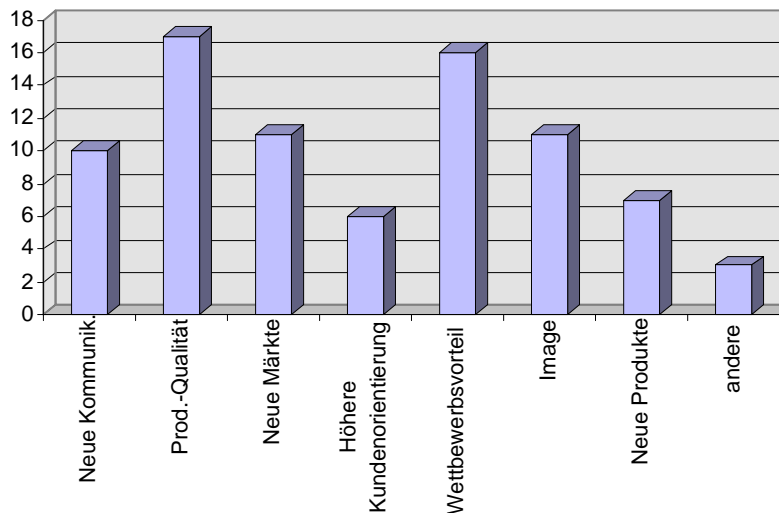


Diagramm 2-12: Weitere Gründe für VR-Einsatz (Frage 14 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

2.3.1.4 Nutzenkalkül

In Frage 5 wurden die Teilnehmer der Befragung aufgefordert, die durchgeführten VR-Anwendungen stichpunktartig zu beschreiben. 25 Befragte äußerten sich zu 59 Projekten, die im Folgenden genannt werden:

1. Telemanipulationen von Robotern
2. Simulation eines geplanten Gebäudes innen und außen mit Vorführung mittels Mietgeräten
3. Visualisierung von Abläufen in einem Endlager für Abfallstoffe
4. Einbau-Untersuchungen
5. Ergonomie-Untersuchungen
6. VR als Visualisierungswerkzeug
7. Training von Bedienabläufen
8. NC-Simulation
9. Simulation von Autowaschstraßen zu Werbezwecken
10. Vielfältige 2D-kinematische Simulation
11. Vielfältige logistische Simulation
12. 3D-Bewegungssimulation von Montageabläufen
13. Projekt DL (Deutsche Leasing) und VR anlässlich der CeBit96
14. Simulation des Fertigungsablaufes in einer Produktionslinie
15. Simulation innerhalb der Neuplanung einer Fertigungslinie
16. AnYSim
17. NC-Programmsimulation
18. Simulation
19. Präsentation
20. Virtual Rostock
21. KOGGE (VRML/WWW Applikation)

22. ViComp (Urban Design using Virtual Modeling and Composition)
23. Virtueller Moderator „BRAINY“
24. Virtueller Moderator „EDDIE HUSCORE“
25. Virtueller Moderator „ZOCKY“
26. Virtueller Moderator „AIMEE“
27. Virtueller Moderator „AL“
28. Marketing
29. Digital Mockup
30. Architektur
31. Medizin
32. Landschaftssanierung
33. Kamerafahrt durch Ladeneinrichtung
34. Animation: Zusammenbau einer Büroeinrichtung für Messestand
35. 3D-Konstruktion
36. CD einer Ausstellung des Vitra Design Museums
37. Cyber City - eine virtuelle Orientierungsumgebung
38. Facility Management mit VR
39. Talking Heads mit VR
40. Virtual Table mit VR
41. Traffic mit VR
42. Psychologisches Prototyping von Fahrzeuginnenräumen
43. Einbausimulation an Telefongehäusen
44. Teleworking ASIC-Entwicklung
45. Die erste wöchentliche LIVE Game Show der Welt: HUGO
46. Permanente Produktion für TV und Werbung
47. Virtuelle Anmoderation für TV
48. Virtuelle Fahrt durch Frankfurt/M
49. Dauerprojekt, da ständig erweiterte Anwendung in der Entwicklung
50. Datenvisualisierung
51. Produktpräsentation
52. Formbeurteilung / Raumwahrnehmung
53. Fabrikplanungssimulation
54. Zusammenbauuntersuchung
55. Digital City
56. Virtuelle Datenkontroll Modelle
57. Virtuelle Montage und Leitungsverlegung
58. Technisch-wissenschaftliche Visualisierungen
59. Virtuelles Modell Steuerkanzlei

Die Aufzählung der konkreten Projekte unterstreicht nochmals die Aussagen des Kapitels 2.3.1.2. Dort wurden die Schwerpunkte des VR-Einsatzes in F&E und Informationsmanagement zusammengefasst.

Da die Umfrage vor dem besonderen Hintergrund von Nutzenbewertungsfragen durchgeführt wurde, wurde in den Fragen 6, 7 und 8 nach Projektkosten, erwarteten Projektnutzen und tatsächlichen Projektnutzen gefragt. Die Befragten waren aufgefordert, ihre Projekte monetär zu bewerten. Im Fragebogen wurde nicht direkt ermittelt, ob diese Zahlen auf einer tatsächlich durchgeführten Nachkalkulation beruhten oder ob mehr oder minder geschätzt wurde. Bei einigen telefonischen Nachbefragungen stellte sich heraus, dass die Werte geschätzt wurden.

Werden die Angaben zu den Fragen 6, 7 und 8 betrachtet, so lässt sich folgendes Schema der Beantwortung erkennen:

Tabelle 2-3: Zusammenfassung von Fragen 6, 7 und 8

	erwarteter Nutzen	tatsächlicher Nutzen	Häufigkeit	rel. Häufigkeit
Typ 1	gleich den Kosten	gleich den Kosten	22	59 %
Typ 2	gleich den Kosten	größer als Kosten	1	3 %
Typ 3	höher als Kosten	gleich den Kosten	8	22%
Typ 4	höher als Kosten	höher als Kosten	4	11 %
Typ 5	höher als Kosten	kleiner als Kosten	2	5 %

Es wurden dabei nur die Angaben ausgewertet, die durchgängig bei allen drei Fragen vorlagen (insgesamt 19 Fragebogen mit 37 genannten Projekten). Klar dominiert Typ 1, bei dem der erwartete Nutzen den Kosten und dem tatsächlichen Nutzen entsprach (siehe Tab. 2-3). Die Projekterwartungen wurden somit in der monetären Nutzenerwartung erfüllt. Dies gilt auch für Typ 4, bei dem erwarteter Nutzen und gestifteter Nutzen höher als die Kosten waren. Werden Typ 1 und Typ 4 zusammengefasst, so lässt sich sagen, dass 70 Prozent der Projekte erwartungskonform waren.

Bei nur 5 Prozent der betrachteten Anwendungen (Typ 5) wurde ein negativer tatsächlicher Nutzen, bei 14 Prozent ein positiver tatsächlicher Nutzen (Typ 4 und Typ 2) und bei 81 Prozent (Typ 1 und Typ 3) ein konstanter tatsächlicher Nutzen erzielt. Damit kann festgehalten werden, dass die Projekte unter der Betrachtung des monetären Nutzens generell befriedigend waren.

Bei der Frage nach dem generellen Einsatz von Nutzenbewertungsmethoden (Frage 15) im Unternehmen können zwei Aussagen gemacht werden. Es dominieren beim Einsatz der Methoden die sehr einfachen Kostenvergleichs- und Amortisationsüberlegungen, aber auch mehrdimensionale und -stufige Methoden der Nutzen- und Nutzwertanalyse wurden genannt (siehe Diagramm 2-13).

Einsatz von NB-Methoden generell

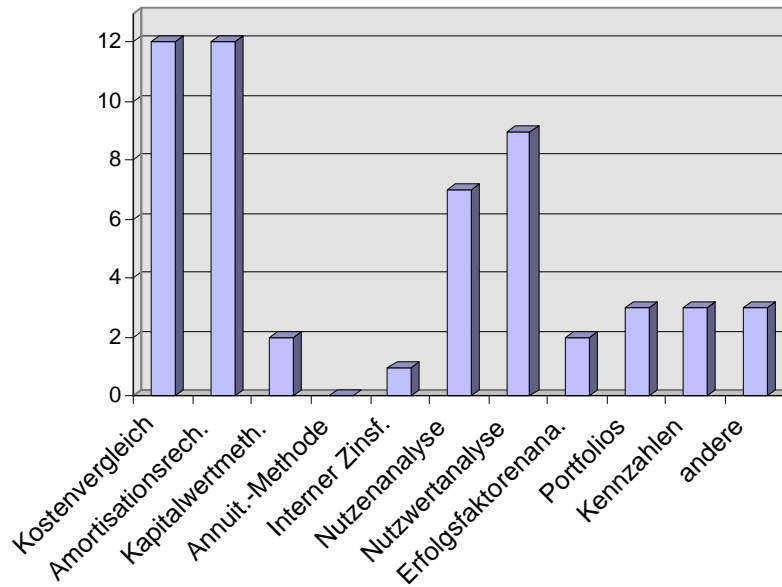
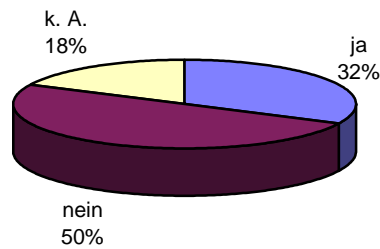


Diagramm 2-13: Einsatz von NB-Methoden generell (Frage 15 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Unter „andere“ wurden genannt: „keine“, „evtl. auch andere ist mir nicht bekannt“, „Nicht bekannt“, „Diverse“ und „sicher mehrere Methoden“. Die freien Antworten zeigen, dass die Befragten zum Teil verständlicherweise keine Kenntnis über die Verwendung von NB-Methoden generell im Unternehmen haben - dies ist plausibel, da die befragten Unternehmen zu 68% mehr als 200 Mitarbeiter hatten (siehe Kapitel 2.3.1.1). In den freien Antworten wurden modernere Verfahren wie FAOR oder Productivity-Assessment Konzept (vgl. [Wolf91], S. 1080 ff. und [Nage90]) nicht genannt.

In Frage 16 (Diagramm 2-14) wird nach dem konkreten Einsatz von NB-Verfahren im Zusammenhang mit VR-Projekten gefragt. Hier zeigt sich, dass lediglich 32% der Befragten NB-Methoden einsetzten.

NB-Methoden bei VR-Projekten**Diagramm 2-14: NB-Methoden bei VR-Projekten (Frage 16)**

Bei der Angabe, welche konkret eingesetzt wurden, ergab sich ein Bild gemäß Tabelle 2-4:

Tabelle 2-4: Eingesetzte NB-Methoden

Nutzwertanalyse	1
Nutzenanalyse	2
Amortisationsrechnung	3
Kostenvergleich	3
Kombination	1

Dies zeigt, dass nur sehr wenige Befragte aufwändigere Verfahren zur Nutzenprognose im Zusammenhang mit VR einsetzen. Über die Qualität der Nutzenbewertungsmethode sollte Frage 17 Aufschluss geben. Sie wurde jedoch von nur 5 Probanden beantwortet - auf eine Auswertung wurde deshalb verzichtet.

Über die Tatsache, dass nur wenige Befragte Analysemethoden wie Nutzenanalyse und Nutzwertanalyse einsetzen, könnte Frage 18 Antwort geben. Hier hielten 44% von 27 Antwortenden die genannten Methoden für geeignet, 37 % kennen diese Methoden nicht und 19 % halten diese für ungeeignet. Auffällig ist, dass ein entscheidender Teil (37%) der Befragten keine Kenntnis über derartige Methoden besitzt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein mehrstufiges Vorgehensmodell zur Nutzenbewertung von VR-Applikationen ins Auge gefasst. Um im Vorfeld die Meinung der Praktiker über die Grundvorgehensweise NB-Methode, Prototyp, NB-Methode, Projektentscheidung zu ergründen, wurde Frage 19 formuliert. Hier antworteten 72 % mit sinnvoll und 14 % mit nicht sinnvoll.

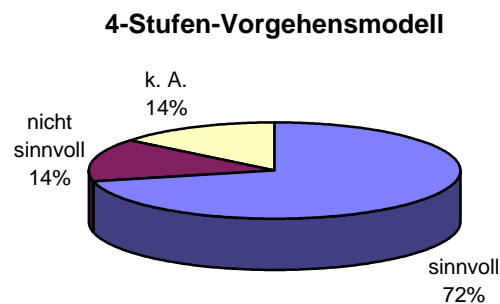


Diagramm 2-15: 4-Stufen-Vorgehensmodell (Frage 19)

Interessant ist, dass sämtliche Befragten bis auf einen, die generell den Methodeneinsatz befürworteten (Frage 18), auch dieses Mehrstufenmodell bejahten. Im Verlauf der Arbeit stellte sich jedoch heraus, dass das 4-stufige Bewertungssystem eines sehr hohen Aufwandes bedarf, so dass es verworfen wurde und durch das Konzept gemäß Kapitel 5 substituiert wurde.

Um neben dem rein monetär bewertbaren Nutzen auch noch strategische Nutzenmomente zu hinterfragen, wurde Frage 20 formuliert. Hier wird nach der relativen Nutzenverteilung des VR-Einsatzes gefragt. Dabei wird im Durchschnitt mit 40% Anteil auf strategischen Nutzen verwiesen, mit 34% Anteil auf Produktivitätssteigerung und mit 26% Anteil auf Kostenersparnis (siehe Tab. 2-5).

Die Auswertung der Frage 20 erfolgte über ein Schema gemäß Tabelle 2-5. Die ursprünglichen prozentualen Angaben werden in vier Kategorien (Spalten der Tabelle) eingeteilt und dort die relative Häufigkeit ihrer Nennung verzeichnet. Eine zeilenweise Summierung führt zur Auswertung, die in Diagramm 2-16 dargestellt wird.

Tabelle 2-5: Auswertung Frage 20

	0-24%	25%-49%	50%-74%	75%-100%	Summe
Strateg. Vorteile	1 %	2 %	23 %	14 %	40 %
Steigerung Produkt.	5 %	9 %	15 %	6 %	34 %
Kostenersparnis	6 %	3 %	13 %	4 %	26 %
					100 %

Nutzenverteilung

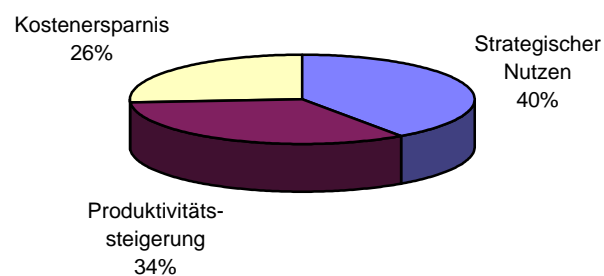


Diagramm 2-16: Nutzenverteilung (Frage 20 - 10 von 28 Befragten gaben k. A.)

Gerade die hohe Quote des Punktes „strategische Wettbewerbsvorteile“ zeigt, dass im Zusammenhang mit VR modernere Bewertungsmethoden, mit denen schwer fassbare Nutzenkriterien erfassbar sind, sinnvoll eingesetzt werden können.

2.3.1.5 Abgleich der Definition

Virtual Reality zeichnet sich im Wesentlichen durch die Merkmale der Echtzeitfähigkeit, der Basis von 3D-Computerdaten und der Immersionsfähigkeit aus (vgl. [Zilk96], S. 115 und [BSt97], S. 32). Unter Immersion wird pauschal das „Eintauchen“ in eine Computerszene verstanden, was in der Regel durch die spezielle VR-Peripherie ermög-

licht wird. Um diese Charakterisierung des Begriffes abzugleichen, wurden in der Befragung drei Typen von Systemen skizziert:

- Typ 1 - ein System, das auf zweidimensionalen Bildern basiert.
- Typ 2 - ein System, das auf relativ einfacher Hardware basiert, aber trotzdem im 3D-Raum begangen werden kann und
- Typ 3 - ein System, das einen hohen Anspruch an visuellen Realismus hat und über „typische“ VR-Peripherie verfügt.

Um die Befragung dahingehend abzusichern, dass nur Angaben im Zusammenhang mit Anwendungen in diesem Sinne geäußert werden, wurden die Fragen 21 und 24 formuliert. In Frage 21 standen drei Optionen zur Auswahl. Der Typ 1 repräsentiert eine von Multimedia-Anwendungen geprägte Sicht des Begriffes VR. Dort werden mittels verschiedener Techniken reale Räume simuliert. Typ 2 zielte auf VR-Anwendungen mit bescheidener Hardware ab und Typ 3 auf High-End Systeme. Wie Diagramm 2-17 zeigt, bezogen sich sämtliche Probanden auf Typ 2 und Typ 3, was wiederum kompatibel zur Definition aus Kapitel 2.1 ist. Ein leichter Trend zum Typ 2 ist zu erkennen, der mit 54% zu 43% überwiegt.

Definition VR

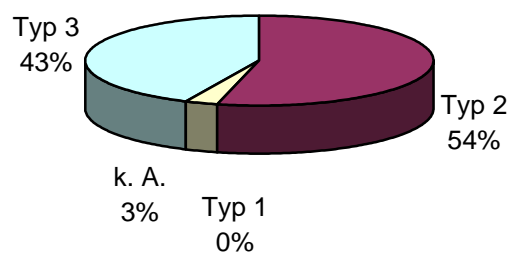


Diagramm 2-17: Definition von VR (Frage 21 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung von Typ 3 und Typ 2)

Frage 24 zielte auf die Ordnung der Wichtigkeit der Eigenschaften von VR-Systemen ab. Hier konnten Prioritätsziffern zu den Eigenschaften genannt werden. In Diagramm 2-18 und Tabelle 2-6 ist die Gesamtschau der Daten gegeben.

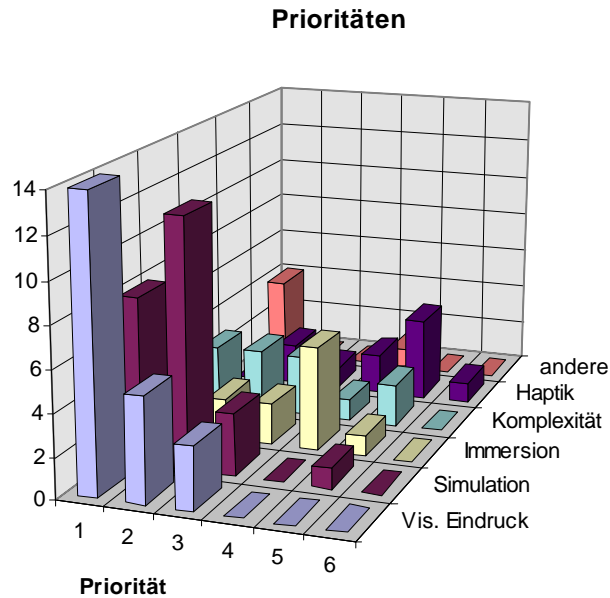


Diagramm 2-18: Prioritäten von VR-Merkmalen (Frage 24)

Werden nur die Häufigkeiten zur Priorität 1 ausgewertet, so ergibt sich folgende Reihenfolge:

1. Visueller Eindruck	14
2. Simulation	8
3. Immersion und andere jeweils	4
4. Komplexe Welten	3
5. Haptische Rückmeldung	0

Tabelle 2-6: Auswertung von Frage 24 (absolute Häufigkeiten)

Priorität	1	2	3	4	5	6
Vis. Eindruck	14	5	3	0	0	0
Simulation	8	12	3	0	1	0
Immersion	4	2	2	5	1	0
Komplexität	3	3	3	1	2	0
Haptik	0	2	1	2	4	1
andere	4	0	0	1	0	0

Unter dem Begriff „andere und zwar“ wurden genannt: Kollisionsüberprüfung, verzögerungsfreie Darstellung, Maßgenauigkeit des Modells und „je nach Aufgabenstellung“.

2.3.1.6 Technik

Zur eingesetzten Technik wurde pauschal nach Entwicklungssystemen und eingesetzter Hardware gefragt. Mit Entwicklungssystemen waren vom Autor eigentlich Softwareentwicklungssysteme gemeint. Bei der Beantwortung der Frage 22 wurden hier teilweise jedoch auch Angaben zu Betriebssystemen und Hardware gemacht, so dass davon auszugehen ist, dass diese Frage in einigen Fällen breiter aufgefasst wurde als beabsichtigt. Keine Angaben wurden in 8 Fällen gemacht, sechsmal wurde „Eigenentwicklung“, dreimal „Solid Designer“ und zweimal „Superscape“ erwähnt. Im Weiteren wurden 12 verschiedene Tools und Beschreibungssprachen genannt. Wenn auch die Frage 22 etwas unklar aufgefasst wurde, lässt sich jedoch erkennen, dass die VR-Anwender noch mit einer sehr heterogenen Softwareumgebung arbeiten und hierbei stark eigenentwickelte Systeme nutzen.

Zur Frage 23, die auf eingesetzte Hardware abzielt, zeigte sich ebenfalls kein einheitliches Bild. PC-Einsatz wurde dreizehnmal genannt, davon reiner PC-Einsatz siebenmal, Einsatz von SGI-Maschinen wurde fünfzehnmal genannt und Angaben zu „anderen“ erfolgte siebenmal. Konkret wurde bei „anderen“ siebenmal HP, zweimal DEC, zweimal Sun und einmal Evan und Sutherland angegeben. In einem Fall wurden keinerlei Angaben gemacht.

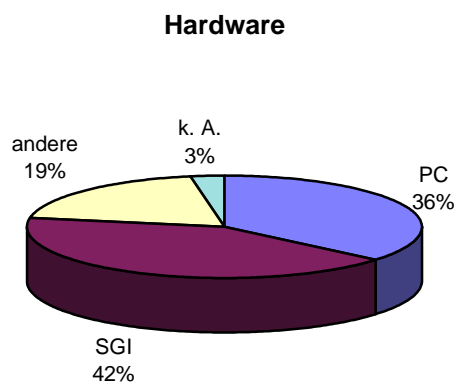


Diagramm 2-19: Hardware (Frage 23 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Diagramm 2-19 zeigt den relativen Anteil bezüglich Nennungen. Eine klare Dominanz eines Herstellers ist hier nicht zu erkennen, es ist hiermit lediglich die wenig überraschende Tatsache zu sehen, dass die traditionellen Hersteller von grafischen Workstations vertreten sind.

Zur Angabe, ob Geräusche eine wichtige Rolle in den VR-Anwendungen spielen (Frage 25) wurde dies zu 32% mit ja und zu 68% mit nein beantwortet. Dies ist verwunderlich, da in Frage 24 bei der freien Antwort niemals Sound angegeben wurde. Es lässt sich wohl damit erklären, dass Sound dort unter „Immersion“ von den Befragten miteinbezogen wurde. Dennoch zeigen die Antworten auf, dass in VR-Anwendungen Geräusche, immerhin bei einem Drittel der Befragten, eine wichtige Rolle spielen.

Zur Technik der Simulation - wobei hier nicht die geometrische Simulation der virtuellen Welt gemeint war, sondern Methoden zur Steuerung der virtuellen Objekte - zeichnet sich ab, dass 13 von 25 keine Simulationsmethoden einsetzen. Hierbei handelt es sich um reine audiovisuelle Welten, deren Objekte lediglich begangen werden können bzw. deren Verhalten durch externe Eingaben bestimmt wird. So wird z. B. beim Projekt „HUGO“ eine Motion Capture Anlage als Eingabesystem verwendet. Bei technisch ausgerichteten Anwendungen, wie z. B. Planung von Fabrikationsanlagen, werden Methoden eingesetzt, die in der Simulationstechnik bekannt sind. Genannt wurden hier System Dynamics (siehe [Boss92]). Petri Netze wurden einmal genannt. Unter freien Eingaben wurden genannt: „AnySim Bewegungssimulation“, „Eigenentwicklung“, „Eigenentwicklung im Bereich physikalisch-basierter Dynamik“ und „Discrete Event Simulation“. Teilweise wurde die Frage auch mit ja beantwortet, jedoch keine nähere Spezifikation angegeben.

Insgesamt haben 12 Teilnehmer angegeben, dass Simulationsmethoden eingesetzt werden. Von diesen 12 Teilnehmern haben 10 in Frage 24 genannt, dass Simulation das wichtigste oder zweitwichtigste Merkmal von VR-Systemen ist. Auf der anderen Seite haben in Frage 26 13 Probanden mit nein geantwortet. Von diesen 13 haben 10 Befragte in Frage 24 den Visuellen Eindruck als wichtigste oder zweitwichtigste Komponente genannt. Daraus lässt sich folgern, dass ein Befragungsfeld vorliegt, das sich in zwei grobe Lager aufteilt. Zum einen ein Anwenderkreis, dessen Präferenz in der visuellen Darstellung liegt und zum anderen ein Kreis, der die Simulation betont.

2.3.2 Ergebnisse der Entwicklerbefragung

Neben der Befragung von kompetenten VR-Anwendern wurden Entwickler von VR-Systemen, ebenfalls mittels eines Fragebogens, mit einbezogen (siehe Anhang D). Es liegen 8 Rückläufe von ca. 15 verteilten Fragebogen vor. Die Grundgesamtheit von Entwicklerfirmen wird vom Autor in Deutschland auf ca. 30 bis 50 geschätzt. Die Schätzung beruht auf Ausstellerverzeichnissen der CeBit97 und der VR-World96 (vgl. [LIST97] und [VRWO96]). Unter den befragten Firmen sind sowohl Anbieter, die ihren Schwerpunkt in High-End Systemen sehen (z. B. relax) sowie Anbieter, die den PC-Bereich bearbeiten (z. B. VRT). Weiterhin wurden Firmen befragt, die traditionell aus dem CAD/CAM-Bereich herausgewachsen sind und sich auf Virtual Prototyping konzentrieren (z. B. AnySim und Deneb). Konkret wurden befragt:

- Hannover Online
- Deneb
- Systecs GmbH
- VRT GmbH
- FhG IAO
- AnySIM GmbH
- Hewlett Packard
- relax

2.3.2.1 Anbieterprofil

Auf die Frage nach der Unternehmensgröße zeigte sich, dass VR-Entwicklungen vorwiegend von kleinen Unternehmen angeboten werden (siehe Anhang D, Frage 1). Wie Diagramm 2-20 zeigt, sind 74% der Befragten sehr kleine Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern. Die Nennung von mehr als 200 Mitarbeitern erfolgte vom Fraunhofer Institut IAO.

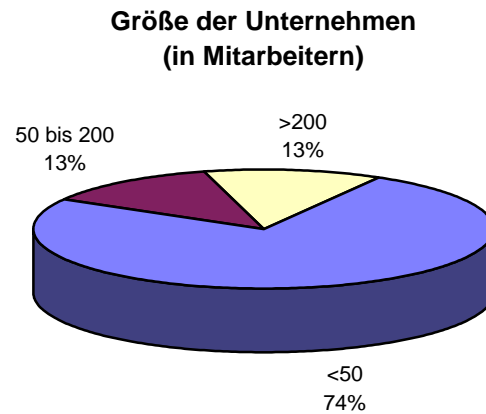


Diagramm 2-20: Größe der Entwickler-Unternehmen (Frage 1)

Der Aktionsbereich der befragten Firmen ist sehr inhomogen. Es wurde eine starke Gleichverteilung bei den Optionen: „Deutschland“, „Europa“ und „weltweit“ beobachtet (siehe Diagramm 2-21).

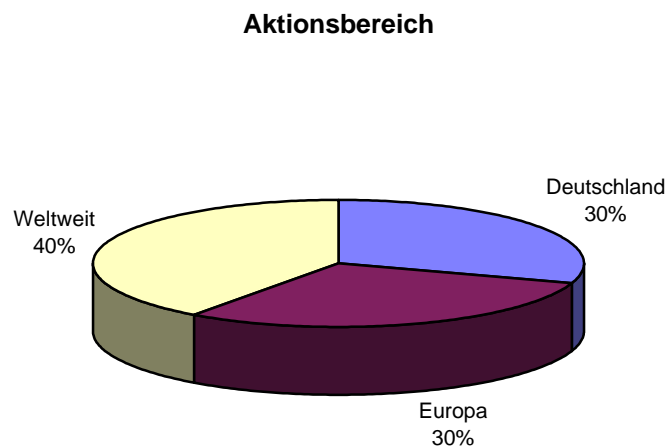


Diagramm 2-21: Aktionsbereich der Anbieter (Frage 2 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Um eine fundierte Schätzung der Grundgesamtheit der Anwender vorzunehmen, wurde Frage 3 (Wie viele Kunden haben Sie, die VR-Komponenten einsetzen?) formuliert. Summiert man die Angaben, so ergibt sich ein Wert von 3400. Dies erscheint relativ hoch, da parallel auch Anwender telefonisch nachbefragt wurden, die durchweg die Grundgesamtheit auf ca. 200 schätzten.

Die Nachfrage nach dem Anwenderpotenzial (Frage 5) wurde nur sehr unvollständig beantwortet, so dass eine Interpretation nicht erfolgt.

Zur Schätzung der Grundgesamtheit der Anbieter wurde Frage 6 (Wieviele Anbieter von VR-Systemen gibt es Ihrer Meinung nach in Deutschland?) formuliert. Der Mittelwert liegt hier bei 93 Entwicklern. Ein Befragter äußerte sich nicht. Der relativ hohe Mittelwert wird durch eine Angabe mit 500 erzeugt. Alle anderen Schätzungen liegen zwischen 7 und 15 bzw. eine Angabe mit 100. Die Streuung dieser Variablen ist somit erwartungsgemäß hoch und liegt bei 196.

2.3.2.2 Gründe für den Einsatz von VR

Wie auch die Anwender wurden die Anbieter danach befragt, was für Gründe zum Einsatz von VR führten. Die Angaben zur Kostensenkung, Geschwindigkeitserhöhung und Flexibilitätserhöhung decken sich weitgehend mit denen der Anwenderbefragung (vgl. hierzu Diagramm 2-10 mit Diagramm 2-22). Die Frage nach „Kommunikation“ wurde bei der Entwicklerbefragung in Frage 4 aufgenommen - sie entfällt somit an dieser Stelle.

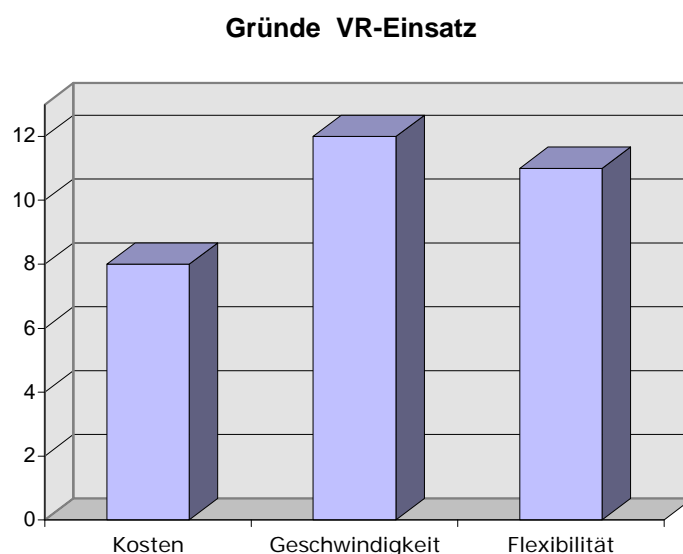


Diagramm 2-22: Gründe für VR-Einsatz aus Entwicklersicht (Frage 7 zusammengefasst - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Wie auch bei den Anwendern wurden die Entwickler nach weiteren Gründen, die zum VR-Einsatz führten, befragt. Es ergibt sich auch hier eine deutliche Ähnlichkeit mit den Äußerungen der Anwender (vgl. Diagramm 2-12 mit Diagramm 2-23).

Weitere Gründe

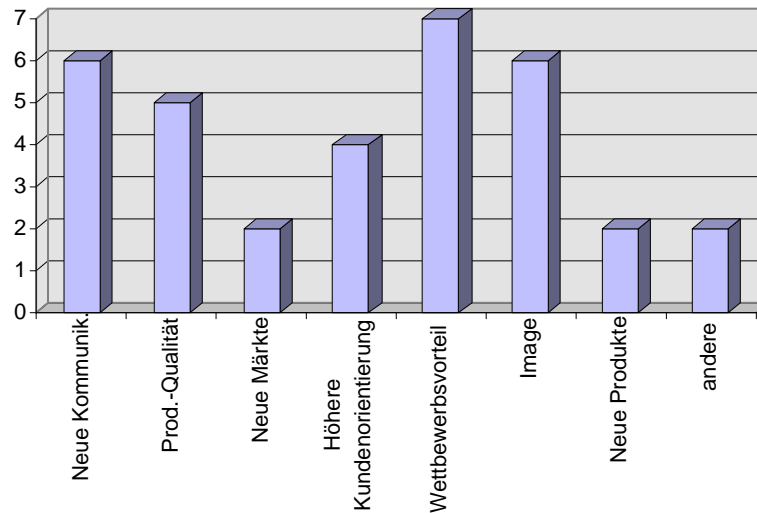


Diagramm 2-23: Weitere Gründe für den VR-Einsatz aus der Sicht der Entwickler (Frage 8 - teilweise erfolgte Mehrfachnennung)

Unter der Option „andere“ wurden genannt: „Marketing“ und „Senkung der Fehlerquote bei Entwicklung“. Die geringe Nutzung dieser Option bekräftigt auch hier den Schluss, dass die wichtigsten Gründe für den Einsatz von VR hier genannt wurden und später als Basis für ein Nutzenkalkül dienen können.

Verteilung des VR-Einsatzes

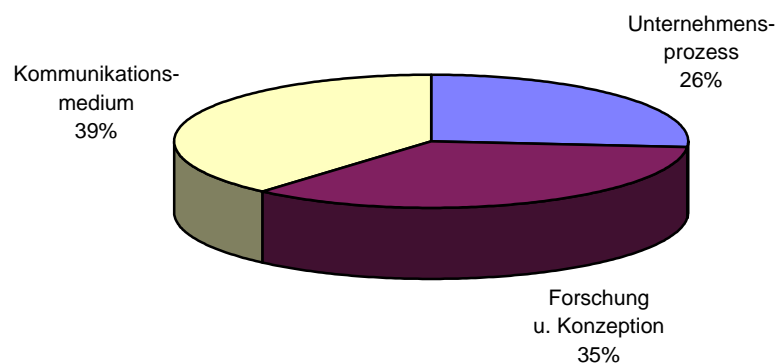


Diagramm 2-24: Verteilung des VR-Einsatzes (Frage 4)

Um zu ermitteln, inwieweit die befragten Applikationen in laufende Unternehmensprozesse integriert sind, wurde nach der Verteilung des VR-Einsatzes auf reine Forschungs- und Konzeptstudien, auf Unternehmensprozesse und auf kommunikative Prozesse gefragt. Hierbei zeigt sich eine fast gleiche Verteilung auf alle genannten Kategorien (siehe Diagramm 2-24).

2.3.2.3 Nutzenkalkül

Die Beantwortung der Frage 9 zeigt, dass die Anbieter von VR-Produkten kaum Kenntnis über den generellen Einsatz von Nutzenbewertungsmethoden bei ihren Kunden haben. Lediglich zwei von acht nannten die Methoden: „Nutzwertanalyse“, „Amortisationsrechnung“ und „Kapitalwertmethode“ als ihnen bekannte und eingesetzte Methoden. In Frage 10 (Wurde zur Entscheidung eines oder mehrerer VR-Projekte eine der Methoden eingesetzt ?) gaben 3 von 5 nein an und 2 von 5 ja. Dabei handelte es sich bei letzteren um die gleichen Befragten, die sich auch in Frage 9 positiv äußerten. Diese Aussagen unterstützen tendenziell die Ergebnisse der Anwenderbefragung (siehe Kapitel 2.3.1). Wie auch bei der Anwenderbefragung kann mangels getätigter Angabe die Frage nach der Qualität der Nutzenprognose (Frage 11) nicht ausgewertet werden.

Wie auch die Anwender wurden die Entwickler nach Ihrer Meinung zum 4-Stufenmodell sowie zur Eignung der im Fragebogen genannten Bewertungsmethoden gefragt. In Frage 12 wird zunächst nach der Eignung der Methoden gefragt.

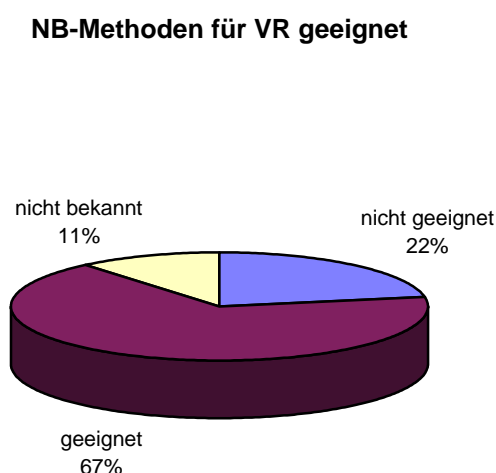


Diagramm 2-25: Eignung der NB-Methoden bei VR-Projekten (Frage 12)

Im Vergleich zu den Anwendern, bei denen 37% die Methoden nicht kannten, war der Kenntnisstand bei den Entwicklern höher. Hier gaben lediglich 11% an, dass sie keine Kenntnis über die Methoden besitzen. Grundsätzlich für geeignet halten 67% der Entwickler diese Methoden - hierzu im Vergleich 37% der Anwender. Vergleicht man nur den Personenkreis, dem die Methoden bekannt sind, so kann man festhalten, dass 85% (6 von 7) der „kundigen“ Entwickler dem Einsatz zustimmen. Bei den „kundigen“ Anwendern ergibt es 70% (12 von 17), was den Schluss zulässt, dass die Anwender etwas skeptischer in Bezug des NB-Methoden-Einsatzes sind, aber beide Gruppen den Einsatz dieser Methoden als geeignet ansehen.

4-Stufen-Vorgehensmodell

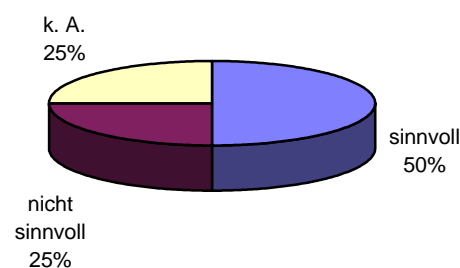


Diagramm 2-26: 4-Stufen-Vorgehensmodell aus der Entwicklersicht (Frage 13)

Die Frage 13, welche die Einschätzung des 4-stufigen Vorgehens hinterfragt, ergibt eine ähnliche Tendenz wie bei der Gruppe der Anwender (siehe Diagramm 2-15). Auch die Entwickler sehen hierin in der Mehrzahl eine sinnvolle Vorgehensweise wie Diagramm 2-26 zeigt.

Verteilung des Nutzen

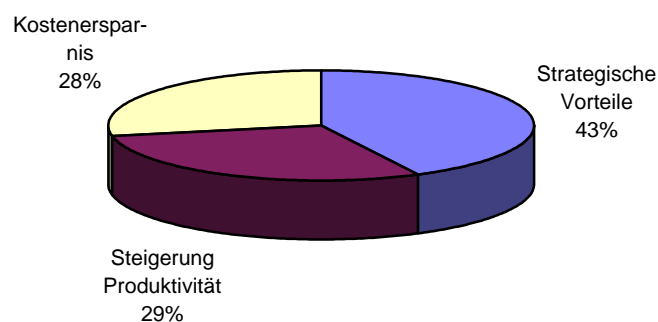


Diagramm 2-27: Nutzenverteilung aus Sicht der Entwickler (Frage 14)

Die Frage nach der Nutzenverteilung (Frage 14) wurde bei der Gruppe der Entwickler fast identisch eingeschätzt wie bei den Anwendern. Dort wurden „Strategische Vorteile“ zu 40%, „Produktivitätssteigerung“ zu 34 % und „Kostensparnis“ zu 26% genannt (vgl. Kapitel 2.3.1.4).

2.3.2.4 Abgleich der Definition mit den Daten aus Entwicklersicht

Zum Abgleich der Definition wurden verschiedene Typen von Systemen skizziert (vgl. 2.3.1.5). Typ 2 und Typ 3 repräsentieren die VR-Systeme, in denen 3D-Welten beschrieben werden und mittels einer mehr oder minder aufwändigen Peripherie begangen werden können. Die Entwickler äußerten sich bei der Frage 15 nach dem Schema gemäß Diagramm 2-28.

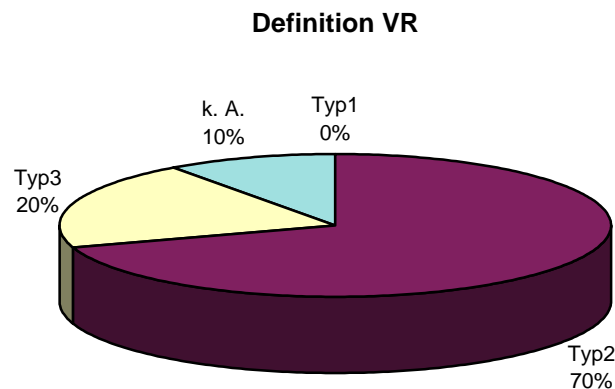


Diagramm 2-28: Definition von VR-Systemen aus Entwicklersicht (Frage 15)

Auch in diesem Falle decken sich Antworten tendenziell mit den Angaben der Anwender. Dort zeigte sich mit 54% zu 43% ebenfalls ein Trend hin zu den einfacheren VR-Systemen, die mit relativ einfacher Hardware auskommen (siehe 2.3.1.5). Systeme aus dem 2D-Bereich mit 3D-Wirkung wurden in keinem der Fälle zum Begriffsfeld Virtual Reality gezählt.

Bei der Betrachtung von VR-Merkmalen zeigt sich auch bei den Entwicklern, dass der visuelle Eindruck und die exakte Simulation im Vordergrund stehen (siehe Diagramm 2-29).

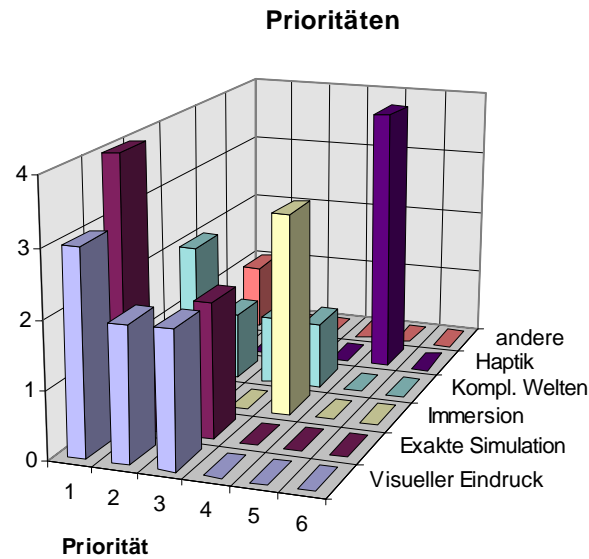


Diagramm 2-29: Prioritäten von VR-Merkmalen aus der Sicht der Entwickler (Frage 17)

Werden nur die Häufigkeiten zur Priorität 1 ausgewertet, so ergibt sich die Reihenfolge:

	Häufigkeit
1. Exakte Simulation	4
2. Visueller Eindruck	3
3. Komplexe Welten	2
4. Immersion und andere	1
5. Haptik	0

Eine gewisse Gemeinsamkeit mit den Antworten der Anwender ist auch hier zu erkennen (siehe 2.3.1.5). Auch dort rangieren „Exakte Simulation“ und „Visueller Eindruck“ auf dem 1. und 2. Rang, jedoch vertauscht. „Komplexe Welten“ und „Immersion und andere“ nehmen den 3. und 4. Rang ein - ebenfalls in vertauschter Reihenfolge. „Haptik“ steht hier, wie auch bei den Anwenderantworten, an letzter Stelle. Unter der Sparte „andere“ wurden genannt: „Virtuelle Treffen“ und „Diskussion“.

2.3.2.5 Technik aus Entwicklersicht

Die Frage nach der Hardware ergab ein ähnliches Bild wie bei den Anwendern. In Frage 16 wurde nach PC-Einsatz, SGI-Hardware und anderer gefragt. Der Einsatz von PCs wurde sechsmal, der von SGI-Hardware fünfmal und andere dreimal genannt.

Unter „andere“ wurden Mac, Sun, Dec, HP, IBM und HP-Workstation angegeben. Im Vergleich zu den Anwenderantworten dominieren hier leicht die Angaben zum PC-Einsatz.

Zur Frage, ob Sound eine wichtige Rolle in den Anwendungen spielt (Frage 18), äußerten sich 38 % der Entwickler mit ja und 62 % mit nein. Auch dieses Antwortverhalten ist fast identisch mit dem der VR-Anwender (siehe 2.3.1.6).

Zur Simulation gaben 38 % an, dass keine Simulationsmethoden eingesetzt werden (Frage 19). 62 % äußerten sich mit ja und gaben an: System Dynamics und zweimal Kollisionserkennung.

2.3.3 Folgerung aus der Befragung

Die Untersuchungsergebnisse weisen trendmäßig darauf hin, dass die VR-Technologie sich keiner spezifischen Branche zuordnen lässt. Die befragten Anwender nutzen VR nur in mehr oder minder isolierten Projekten in ihren Abteilungen. Die Einsatzschwerpunkte liegen in der F&E-Abteilung, dem Informationsmanagement und in der Produktion.

Die Gründe für den Einsatz von VR sind im Wesentlichen die Kostensenkung, die Erhöhung der Geschwindigkeit, die Erhöhung der Flexibilität und die Verbesserung der Kommunikation im Unternehmen. Bei der Betrachtung des Nutzens von VR-Projekten ist zu erkennen, dass die genannten Projekte konstanten bis positiven Nutzen stifteten. Die Angaben hierzu wurden jedoch weitgehend geschätzt, da die Daten nicht auf einer Nachkalkulation beruhen. Der Einsatz von NB-Methoden bei VR-Projekten war gering. Wurden Bewertungsmethoden benutzt, so waren diese lediglich einfacher Art. Mehrdimensionale Methoden wurden nur in drei Fällen genannt.

Die obigen Aussagen führen somit noch zu folgenden Ansatzpunkten für die weitere Verfolgung der Fragestellung nach Wirtschaftlichkeitsbewertungen für VR-Projekte:

- 1) VR-Anwendungen befinden sich immer noch in einem frühen Projektstadium, haben jedoch das reine Experimentier- und Laborstadium schon hinter sich gelassen. Dies lässt sich insbesondere an einer - hier nicht näher aufgeführten - Frage nach Projektanwendungen erkennen. Die Anwender wurden hier aufgefordert, sich inhaltlich zu ihren VR-Projekten zu äußern. Es kamen vielfach Antworten, die darauf schließen

lassen, dass die VR-Technik als wesentliches Werkzeug in die jeweiligen Unternehmensprozesse integriert wurden. Exemplarisch seien hier die Projekte „Ergonomie-Untersuchung von menschlichen Arbeitsplätzen“, „Simulation innerhalb der Neuplanung einer Fertigungslinie“, „NC-Programmsimulation“, aber auch Virtuelle Studio-Anwendungen aus der Medienbranche wie z. B. „Die LIVE Game Show mit HUGO“ genannt. Betrachtet man ferner die Umsatzprognose für den VR-Markt, die für das Jahr 2000 mit ca. 1 Milliarde Dollar angegeben wird, so ist für die Zukunft mit einer starken Verbreitung der VR-Technologie zu rechnen (vgl. [CoZe96], S.19). Somit stellt Virtual Reality eine IT-Innovation dar.

2) Neben den präzise monetär bewertbaren direkten Nutzeneffekten wie Kosteneinsparung treten im Zusammenhang mit VR schwer fassbare Nutzeneffekte auf. Diese - nicht direkt monetär bewertbaren - Effekte lassen sich in folgende Kategorien aufgliedern:

- Erhöhung der Geschwindigkeit
- Erhöhung der Flexibilität
- Steigerung der Qualität und
- Verbesserung der Wettbewerbssituation

Diese Aspekte, die in der Ökonomie im Bereich von schwer fassbaren Nutzeneffekten angeführt werden (vgl. [Nage90], S. 71 ff.) wurden bei den befragten Anwendern zwar pauschal als Vorteil gewertet, aber nicht in einem Nutzenkalkül direkt bewertet. Dies wird deutlich, da nur sehr wenige Befragte eingesetzte Verfahren angeben, die auch in der Lage sind, schwer fassbare Nutzeneffekte zu berücksichtigen (siehe auch Tabelle 2-4). Dieser derzeit beobachtete Mangel an dem Einsatz von ausgefeilten Wirtschaftlichkeitsverfahren hat seine Ursache wohl in dem noch frühen Einsatzstadium der VR-Technik (zwischen Laborstadium und Serienreife) und in der Technologiedominanz der verantwortlichen Aufgabenträger. Ferner kommt hinzu, dass verschiedene VR-Projekte prospektiv durchgeführt wurden und somit keiner strengen ökonomischen Nutzenerwartung unterlagen, was sich bei einigen Telefonaten mit befragten Anwendern herausstellte.

- 3) Die Wachstumsprognosen einerseits und der derzeitig ernüchternde Befund andererseits zeigen ein deutliches Defizit bezüglich ökonomischer Bewertung von VR-Projekten auf. Damit ist die Motivation für eine diesbezügliche Betrachtung gegeben.
- 4) Um erfolgreich eingesetzt zu werden, müssen Wirtschaftlichkeitsverfahren ihrerseits wirtschaftlich durchführbar sein. Daher wird für die Planung von VR-Projekten ein Beratungssystem konzipiert, das einerseits den Beratungsvorgang unterstützt und andererseits eine Nutzenbewertungsmethode abbildet.

Um für das Betrachtungsfeld der IT-Innovationen eine geeignete Bewertungsmethode auszuwählen, folgt im nächsten Kapitel die Darstellung gängiger Nutzenbewertungskonzepte und deren Eigenschaften.

3 Verfahren und Methoden zur Nutzenbewertung

Die Begriffe Nutzen und Wirtschaftlichkeit sind Basisgrößen, die im Folgenden permanent verwendet werden. Dabei unterliegt der Begriff der Wirtschaftlichkeit als ökonomische Kerngröße einer weitgehend einheitlichen Definition. Die Wirtschaftlichkeit wird allgemein als Verhältnis zwischen einem erzielten Ergebnis und dem dafür aufgewandten Einsatz angesehen (vgl. [PiRe87], S. 96, [Laus87a], S. 1 ff. und [Laus87b]⁵, S. 1 ff.). Die Wirtschaftlichkeit repräsentiert somit eine rein numerische Kenngröße, deren Wertebereich theoretisch von null bis unendlich reicht.

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Ergebnis}}{\text{Einsatz}}$$

Gleichung 3-1

Die Aussagekraft der Kennzahl ist insofern problematisch, als nur das „Ergebnis“ und der „Miteinsatz“ in den Faktor eingehen und schwer fassbare Nutzenmomente, die nicht direkt in physikalischen oder ökonomischen Einheiten fassbar sind, nicht explizit berücksichtigt werden.

Somit kann mit dieser Größe lediglich die Aussage gemacht werden, dass für den Fall kleiner als 1 das Vorgehen unwirtschaftlich und für den Fall größer als 1 das Vorgehen wirtschaftlich ist.⁶ Anhand der so definierten Wirtschaftlichkeit kann demnach lediglich ein Wirkungstrend dargestellt werden ohne die Berücksichtigung vager und unsicherer Kriterien.

In der praktischen Verwendung des Wirtschaftlichkeitsbegriffes liegt es daher nahe die Wirtschaftlichkeit monetär zu bewerten. Häufig geht es in diesem Problemkreis darum, die beste Projektalternative aus mehreren auszuwählen. Dabei werden mehrere Entscheidungsalternativen monetär bewertet und gegenübergestellt. In der Praxis kommen

⁵ Einheitlich wird in der Betriebswirtschaft der Begriff Wirtschaftlichkeit vom Rationalprinzip abgeleitet, das in einer Maximierungs- bzw. Minimierungs-Version vorliegt. Einerseits gilt es den Output bei gegebenem Input zu maximieren und andererseits den Input bei vorgegebenem Output zu minimieren.

⁶ Lauser erweitert die Wirtschaftlichkeitsdefinition in [Laus87b]. Er beschreibt die oben genannte Kenngröße als Effizienz, fügt die Komponente Effektivität (Zielerreichungsgrad) hinzu und ergänzt in einem dritten Punkt - der sozialen Rationalität. Unter sozialer Rationalität versteht er „im Einklang mit qualitativen Kriterien aus der sozialen Umwelt der Organisation“ (vgl. [Laus87b], S. 1 ff.).

hierzu diverse finanzmathematische Kenngrößen, wie z. B. Gewinn, Kapitalwert, interner Zinsfuß und Return of Investment, zur Anwendung (vgl. [FrHa90], S. 131 ff.).

Im Gegensatz zur Wirtschaftlichkeit ist der Begriff Nutzen nicht präzise definiert. Generell wird aber unter Nutzen eine Vorteilhaftigkeit zur Erreichung eines Ziels verstanden (vgl. [Hein01], S. 227 und [Augu90], S. 57). Die Nutzengröße kann, im Gegensatz zur Wirtschaftlichkeit, numerisch nicht direkt beziffert werden, obgleich zu ihrer Darstellung in den einzelnen Verfahren Einheiten und Metriken benutzt werden. Zur Problematik kommt ferner hinzu, dass der Nutzen einer subjektiven Präferenz (Nutzenfunktion) unterliegt (vgl. [Vari89], S. 49 ff.)⁷.

Ein systematischer Ansatz, Nutzeffekte zu erkennen, ist die Ableitung der Nutzeffekte über die Ziele eines Unternehmens. Die zunächst global definierten Unternehmensziele können prinzipiell als Nutzenfunktion bzw. Nutzencharakteristik einer Unternehmung angesehen werden. Nur selten lassen sich diese Präferenzen jedoch exakt mathematisch formulieren, so dass von der Bezeichnung „Funktion“ hier abgesehen wird. Um Handlungsalternativen zu bewerten, werden diese hinsichtlich ihrer Unterstützung der Unternehmensziele bewertet. Je nach dem Grad der Förderung der Unternehmensziele, bzw. deren Unterziele, kann so eine Projektalternative begründet ausgewählt werden (vgl. [Adam96], S.100 und [EKPP96], S. 171 ff.).

3.1 Problematik

Die Kosten eines zu bewertenden Projektes lassen sich relativ genau beziffern. Hierzu stehen verschiedene Kalkulationsschemen und Checklisten zur Verfügung, die es einem Planer erlauben Projekte exakt zu kalkulieren (vgl. [Birk95], S. 97 ff.). Derartige Vorgehensmodelle berücksichtigen in der Regel jedoch nur die direkten Projektkosten. Kosteneffekte die indirekt entstehen, können nicht erfasst werden, da sie originär nicht vorliegen. Diese indirekten Kosten können erst kalkuliert werden, nachdem die positiven und negativen Nutzeffekte in der Wirkungskette der Aktivitäten analysiert wurden (vgl. [Kein94], S. 105).

Um ein möglichst umfassendes Nutzenkalkül aufzustellen, müssen demnach sämtliche Nutzeneffekte nicht nur lokal, sondern breit über die ganze Unternehmung betrachtet aufgestellt werden. Somit fokussiert sich die Problematik zunächst auf die Metrik zur

⁷ [Vari89] sei hier als stellvertretendes Werk der ökonomischen Grundwerke genannt.

Bewertung des Nutzens und die Lokalisierung der Nutzeneffekte in unternehmerischen Wirkungsketten (vgl. [ReBa95], S. 118 und [Kein94], S. 104 ff.).

3.1.1 Metriken zur Bewertung des Nutzens

In der unternehmerischen Praxis unterscheidet man zwei Typen von Bewertungssituationen. Zum einen der Fall, dass unter zwei oder mehr Handlungsalternativen entschieden werden soll - also einer relativen Beurteilung von Projekten - und zum anderen die Beurteilung eines einzigen Projektes. Der zweite Fall ist insbesondere dann gegeben, wenn es sich um generische Projekte handelt. Generische Projekte zeichnen sich dadurch aus, dass durch sie völlig neue Tätigkeiten und Wirkungen im Unternehmen entstehen. Die Beurteilung dieser meist innovativen Vorhaben ist insofern schwierig, als durch sie u. U. nur schwer vorhersehbare Wirkungen eintreten können (vgl. [Kein94], S. 105). Die Bewertung generischer Projekte erfolgt in der betriebswirtschaftlichen Praxis dahingehend, dass die zu beurteilende Maßnahme verglichen werden muss mit „keiner Aktivität“, d. h. die Entscheidung lautet: „Einführen einer neuen Aktivität“ oder „wie bisher verfahren“.

Um die Vorteilhaftigkeit einzelner Projekte untereinander oder ein Projekt relativ gegenüber „keiner Aktivität“ zu beurteilen, sind Skalen erforderlich. Es lassen sich kardinale und nominale Skalen unterscheiden (vgl. [Adam96], S. 101).

3.1.1.1 Kardinale Messung

Eine kardinale Bewertung liegt vor, wenn sich eine Nutzwirkung konkret in ökonomischen oder physikalischen Einheiten beziffern lässt. Im Problemfeld der Nutzenbetrachtung ist es immer vorteilhaft, wenn sich eine Wirkung direkt monetär bewerten lässt, da dieses Kriterium direkt den Kosten gegenüber gestellt werden kann. Die kardinale Bewertung hat den weiteren offensichtlichen Vorteil, dass mit ihr nicht nur ausgesagt werden kann, dass eine Alternative besser als die andere ist, sondern zusätzlich um wieviel Einheiten (Skalenabstand) sich eine höhere Bewertung ergibt. Eine kardinale Bewertung ist somit besonders geeignet um z. B. die Kosteneinsparung, also direkte Nutzeneffekte, zu bewerten (vgl. [Adam96], S. 101 ff.).

Um einen gleichen Maßstab zu erhalten, ist es vorteilhaft, wenn sich physikalische Größen in monetäre transferieren lassen. Diese Umrechnung erfolgt durch eine individuelle monetäre Bewertung der physikalischen Größen. So muss z. B. ein zu erwartenden

der Zeitgewinn, der in der physikalischen Einheit Minuten vorliegt, in Geldeinheiten ausgedrückt werden. Hierzu muss die Analyse zunächst genau bestimmen, welche Kosten pro Minute eingespart werden und kann anhand dieses Wertes den gesamten Nutzenparameter hochrechnen. Dieses Vorgehen ist auf sämtliche schwer fassbare Nutzenkriterien übertragbar, wobei der kritische Punkt die Zuordnung einer determinierbaren Einheit zu einer Nutzengröße ist.

3.1.1.2 Ordinale Messung

Die ordinalen Messungen zeigen auf, ob eine Handlungsalternative besser oder schlechter ist als eine andere. Bei dieser rein qualitativen Argumentation werden keine Einheiten benutzt, sondern ein Benotungsschema. Somit können bei einer ordinalen Wertung keine Skalenabstände bestimmt werden. Da die ordinale Messung weniger präzise ist, ist eine Darstellung der Nutzengrößen in quantifizierter Form vorzuziehen (vgl. [Nage90], S. 90 und [RHWe96], S. 263).

3.1.2 Subjektivismus

Wird eine Benotung, also eine Quantifizierung von qualitativen Nutzenmomenten, durchgeführt, liegt immer eine subjektive Bewertung zu Grunde. Bei *Adam* ist hier die Rede von Pseudometrik, also der Versuch, nicht quantifizierbare Größen in ein Notenschema zu fassen (vgl. [Adam96], S. 102). Somit unterliegen sämtliche Nutzenbewertungsmethoden, die auf einer Benotung basieren, zwangsläufig subjektiven Einschätzungen. Dies mag zunächst widersprüchlich klingen, da mit einer Nutzenbewertung eine möglichst wertfreie und objektive Entscheidungsbasis gelegt werden soll. Die Subjektivierung der Entscheidung ist aber zwangsläufig gegeben, da eine Entscheidung nicht für sämtliche Individuen gleichermaßen vorteilhaft sein kann.

Demnach ist eine Nutzenbetrachtung immer nur aus einem gewissen Blickwinkel heraus aussagekräftig. *Reichwald* kategorisiert hierzu die drei wichtigen Blickwinkel: Humansituation, Unternehmenssicht und gesellschaftliche Perspektive (vgl. [RHWe96], S. 121 und [RMSE98], S. 279 ff.)⁸. Hieraus wird klar, dass eine Nutzenbewertungsmethode, die nicht nur auf Kostenvergleichsebene angelegt ist, niemals frei von subjektiven Momenten sein kann - sie muss sogar subjektiv besetzt sein.

⁸ Dieser Ansatz wird von *Picot* und *Reichwald* bereits in [PiRe87] begründet. Hier werden die vier Ebenen (Blickwinkel) der Wirtschaftlichkeit aufgezeigt: Isolierte technikbezogene, subsystembezogene, gesamtorganisatorische und gesellschaftliche Wirtschaftlichkeit (vgl. [PiRe87], S. 107).

Der subjektive Charakter wird besonders dann deutlich, wenn Nutzwirkungen monetär ausgedrückt werden. Eine monetäre Bewertung erfolgt z. B. in der Nutzenanalyse. Hier werden auch schwer fassbare Nutzenkriterien konkret in Geldeinheiten ausgedrückt. Dies ist insofern schwierig, als es sich in diesem Fall um einen geschätzten Wert handelt, der anschließend aber als sehr präzise weiterverarbeitet wird. In dieser Arbeit wird diesem Problem später durch die Verwendung von Fuzzy-Methoden begegnet. Durch den Einsatz von unscharfen Zahlen soll diese „vorgetäuschte Präzision“ ausgeglichen und relativiert werden (vgl. [Adam96], S. 421 ff. und [Trae94], S. 55)⁹.

3.1.3 Lokalisierung der Nutzeneffekte

Ein Anspruch an neuere Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist, dass ein zu beurteilendes Projekt nicht nur lokal (z. B. rein arbeitsplatzbezogen) zu beurteilen ist, sondern möglichst sämtliche positiven wie negativen Wirkungen dokumentiert und bewertet werden (vgl. [RHWe96], S. 42 ff. und S. 7)¹⁰. Die Wirkungen einer Maßnahme können dabei auf den Ausgangspunkt zurückwirken (Rückkoppelung), andere Prozesse im Unternehmen beeinflussen und indirekte Wirkungen auslösen. Somit muss bei einem Nutzenkalkül dieses Netz mit seinen Wirkungsketten aufgestellt werden. Für die Technik der virtuellen Realität findet man bei *Ludwig* und *Cas* ein mögliches Modell (vgl. [LuCa95], S. 26), das jedoch stark auf spezifische Einsatzfelder dieser Technik abgestimmt wurde. Ein ähnlich anwendungsspezifischer Ansatz aus dem Themenfeld CAD findet sich bei *Retter* und *Bastian* (vgl. [ReBa95], S. 122 – 123).

Um allgemeiner vorzugehen und somit generell innovative Techniken bewerten zu können, wird das in der Betriebswirtschaftslehre übliche Modell der Wertkette verwendet (vgl. [Port96], S. 59 ff.).

⁹ Diverse Einsatzmöglichkeiten und Vorteile der Fuzzy-Logik zeigen *Biethan, Hönerloh, Kuhl* und *Nissen* in „Fuzzy Set-Theorie in betriebswirtschaftlichen Anwendungen“. Hier werden betriebswirtschaftliche Anwendungen der Fuzzy Sets aus den Bereichen Industrie, Handel, Finanzdienstleitung, Logistik und Controlling vorgestellt und bewiesen, dass diese Technik auch in der Ökonomie sinnvoll einsetzbar ist (vgl. [BHKN97], S. 1 ff.).

¹⁰ *Reichwald* beweist diesen Sachverhalt anhand eines Beispiels aus dem Büro- und Verwaltungsbereich, bei dem das isolierte Nutzenkalkül zu deutlich anderen Ergebnissen führte als die realisierte Umsetzung (vgl. [RHWe96], S. 7-8).

Anhand dieses allgemeinen Schemas kann auf mehreren Ebenen evaluiert werden, welche Funktionsbereiche einer Unternehmung von welchen Aktivitäten betroffen und positiv oder negativ beeinflusst werden. Die Darstellung der Wertschöpfungskette im Detail findet man bei [Mert97].

Nach der Bestimmung der unternehmerischen Teilprozesse muss ermittelt werden, welche Wirkungsinterdependenzen vorliegen. Hierzu kommt eine Matrix zum Einsatz, in der dokumentiert wird, welcher Nutzen in einem Unternehmensprozess einen anderen positiv oder negativ beeinflusst. Eine solche Matrix wird auch in der „Erweiterten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ eingesetzt um Zielvernetzungen darzustellen (vgl. [RHWe96], S. 214). Nachdem sich Nutzeffekte als Unterstützungsparameter von Unternehmenszielen auffassen lassen, lässt sich die Zielvernetzung mit der Vernetzung der Nutzwirkungen vergleichen.

Tabelle 3-1: Beispiel für die Vernetzung von Nutzenwirkungen

Wirkung von auf	N1	N2	N3	N4	N5
N1	/				
N2	+	/			
N3			/		
N4	+	-		/	+
N5					/

Im Beispiel gemäß Tabelle 3-1 wurden insgesamt 5 Nutzenwirkungen (N1 bis N5) in unterschiedlichen Bereichen festgestellt. Weiterhin wurde festgestellt, dass N1 auf N2 und N4 positiv, N5 auf N4 positiv und N2 auf N4 negativ wirken.

3.1.4 Nutzenkategorien

Um die auftretenden Nutzeffekte von Projekten zu systematisieren, werden unterschiedliche Kategorisierungen vorgenommen. Diese Kategorien dienen später zur systematischen Generierung eines Nutzenkataloges, der die Grundlage für die meisten Nut-

zenbewertungsmethoden darstellt. Um einen Überblick zu geben, werden zunächst die Nutzentypen mit ihren Eigenschaften angegeben, danach erfolgt eine Einteilung in Oberkategorien.

3.1.4.1 Nutzentypen

In der Einteilung der Nutzentypen haben sich verschiedenen Schemen in Abhängigkeit der eingesetzten Methode herausgestellt. Bei *Nagel* wird als Basis für die Nutzenanalyse in direkten, relativen und schwer fassbaren Nutzen eingeteilt (vgl. [Nage90], S. 71 und [Ott93], S. 525). Bei *Erchinger*, der das Hedonicmodell¹¹ einsetzt, erfolgt eine Strukturierung in quantifizierbaren, qualitativen und strategischen Nutzen (vgl. [Erch93], S. 114 – 115 und vgl. zum Hedonic Modell [Nage90], S. 128 ff.). Im Zusammenhang mit der FAOR (Functional Analysis of Office Requirements) werden die Nutzentypen Effizienz-, Effektivitäts- und persönlicher Nutzen aufgestellt (vgl. [Wolf91], S. 1081). Eine ähnliche Struktur wählt *Lauser* als Basis für sein Vorgehensmodell (vgl. [Laus87b] und [Laus87c]). Die Einteilung in substitutiven, komplementären und strategischen Nutzen findet man bei *Buxmann* und *König* (vgl. [BuKö94], S. 258). Eine weitere Einteilung stellt *Scherff* in direkt monetär messbarer Nutzen, indirekt monetär messbarer Nutzen und nicht monetär messbarer Nutzen (vgl. [Sche86], S. 9) auf. Im Wesentlichen findet man bei all diesen Modellen somit folgende Nutzenkategorien:

Direkter versus indirekter Nutzen

Unter direktem Nutzen wird verstanden, wenn sich durch den Einsatz der zu beurteilenden Maßnahme ganz offensichtlich und direkt ein Nutzen ergibt. Dies ist z. B. immer dann gegeben, wenn eine bestehende Technik durch eine neue substituiert wird und sich daraus klare Kosteneinsparungen (z. B. Personalkosten) ergeben. Dieser Nutzentyp ist in der Regel der am präzisesten vorherzubestimmende Wert (vgl. [Nage90], S. 72 und [Kein94], S. 105). Indirekter Nutzen entsteht dann, wenn durch eine Investition mittelbar in der Zukunft ein Vorteil generiert wird. Unter diese Kategorie fallen auch Nutzeffekte, die messbar die Qualität positiv beeinflussen. Ein indirekter Nutzeffekt kann

¹¹ Das Hedonic-Modell lehnt an der Theorie der hedonistischen Preise aus der Volkswirtschaft an, in der der hedonistische Preis einer Ware sich aus verschiedenen Nutzeffekten, die das Wirtschaftsgut stiftet, ergibt. Dieser Ansatz wird im Hedonic-Modell auf die Arbeitsleistung von Mitarbeitern und deren Informationsinfrastruktur übertragen (vgl. [Nage90], S. 129).

weiterhin durch Kettenwirkung an anderen Stellen als am eigentlichen Einsatzort der Maßnahme auftreten (vgl. [Ott93], S. 525).

Schwer fassbarer Nutzen

Die Kategorie des schwer fassbaren Nutzens umfasst alle Nutzentypen, die nicht relativ oder direkt einzuordnen sind. Unter dieser Kategorie werden sämtliche Wirkungsmomente verstanden, die mit dem geplanten Projekt zunächst in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehen, die sehr langfristige und hochaggregierte Effekte zeigen oder die ökologische oder humane Wirkungen vorweisen (vgl. [Nage90], S. 71 ff.). Dieser Nutzentyp kann somit bestenfalls geschätzt werden und besitzt den höchsten Grad an Prognoseungenauigkeit. Mit der Methode der Nutzenanalyse werden Nutzenmomente dieser Kategorie monetär bewertet. Diese scharfe Bewertung wird jedoch durch eine Priorisierung der Nutzenkategorien relativiert (vgl. [Ott93], S. 525).

Begrifflich wird die Kategorie des schwer fassbaren Nutzens in der Methode der Nutzenanalyse erwähnt. Die Kategorie lässt sich aber als Obermenge anderer Klassen, wie der des strategischen und qualitativen Nutzen, typisieren.

Quantifizierbarer versus qualitativer Nutzen

Für den quantifizierbaren Nutzen gelten ähnliche Eigenschaften wie für den direkten. Quantifizierbarer Nutzen lässt sich direkt als monetäre Größe oder in einer physikalischen Größe (z. B. Zeitersparnis), die dann wieder monetär bewertet werden kann, ausdrücken (vgl. [Erch93], S. 114). Qualitativer Nutzen zeichnet sich dadurch aus, dass er zwar einschätzbar ist, sich aber nur schwer in einer numerischen oder monetären Größe darstellen lässt. Ein systematisches Vorgehen zur Bewertung von qualitativem Nutzen wird bei *Bürgel, Hess, Binder, Ohl* aufgezeigt (vgl. [BHBO96], S. 17).

Strategischer Nutzen

Strategischer Nutzen ist eine sehr hochaggregierte Wirkung von unternehmerischen Tätigkeiten, die sich mittel- und langfristig auf das gesamte Unternehmen auswirken. Die Bewertung dieser Wirkungen kann nur dahingehend erfolgen, ob strategische Ziele positiv oder negativ beeinflusst werden, nicht aber, ob die Strategie als solche vorteilhaft ist (vgl. [Erch93], S. 115 und siehe hierzu Kapitel 3.2.5).

Nutzenarten in der Diskussion der Ausgabenbewertung öffentlicher Finanzen

In der Diskussion der Ausgabenbewertung öffentlicher Finanzen erfolgt eine differenzierte Kategorisierung von Nutzen- und Kostenarten. Die Nutzenbetrachtung konzentriert sich auf die Bewertung von staatlichen Ausgaben für öffentliche Projekte.

Grundsätzlich wird unterschieden in **reale** und **pekuniäre** Nutzen (vgl. [Blan01], S. 425). Dabei sind unter realem Nutzen die Werte zu verstehen, die dem Verbraucher des Projektes zukommen. Pekuniärer Nutzen wirkt sich nicht auf den gesamtgesellschaftlichen Nutzen aus, sondern rührt von einer Umverteilung innerhalb des betrachteten Systems. So kann z. B. auf Grund eines öffentlichen Bauprojektes die Nachfrage nach Arbeitskräften steigen, was wiederum das Ansteigen der Lohnsätze zur Folge haben kann – dies bedeutet einen gezogenen Nutzen für die betroffenen Arbeiter aus dem Bauprojekt. Da aber dieser Aufwand, z. B. durch eine Steuererhöhung gedeckt wird, entsteht in der Summe kein Nutzen (vgl. [MMKu90], S. 179).

Reale Nutzen werden weiterhin kategorisiert in **direkte** und **indirekte** (siehe oben), in **tangible** und **intangible**, in **intermediäre** und **finale** sowie in **interne** und **externe** Nutzen.

Der Ausdruck tangibel bedeutet, dass Nutzeneffekte nach einem Marktpreis bewertet werden können - bei intangiblen Nutzen existiert ein Marktpreis nicht. Somit sind intangible Nutzen mit dem oben diskutiertem nicht monetär bewertbaren Nutzenbegriff vergleichbar (vgl. [Brüm01], S. 197 f.).

Intermediäre Nutzen wirken für den Verbraucher nicht endgültig, sondern gehen zwischenzeitlich in die Produktion von Gütern ein. Finaler Nutzen hingegen wirkt unmittelbar, so dass eine Parallele zum direkten Nutzen besteht. Die Kategorisierung nach internen und externen Nutzen ist räumlich aufzufassen. Dabei sind unter internen Nutzen Effekte zu verstehen, die im direkten Projektumfeld liegen. Wirkt das Projekt auch über seine Grenzen hinweg, so ist die Rede von externen Nutzen (vgl. [MMKu90], S. 180 f.).

Die Bewertung intangibler Nutzen stellt in der Beurteilung öffentlicher Projekte ein Problem dar, da die Wirkung in sehr unterschiedliche Bereiche hineinreichen kann. So sind Wirkungen auf den gesellschaftlichen Nutzen insofern schwierig zu bestimmen, als

sie auf einer Vielzahl von Einzelmeinungen beruhen und somit eine politische Dimension besitzen. Dies gilt auch für intangible private Nutzen, also nicht direkt monetär bewertbare Nutzeneffekte für Einzelpersonen. In diesen Fällen müssen messbare oder schätzbare Größen gefunden werden, über die eine monetäre Bewertung erfolgen kann. So kann z. B. der Nutzen eines öffentlichen Lärmbekämpfungsprogrammes über die erwartete Wertsteigerung des Wohneigentums beziffert werden (vgl. [MMKu90], S. 181 ff.).

Zusammenfassung der Nutzenkategorien

Die umrissenen Kategorien lassen sich unter dem Gesichtspunkt der Bewertung gemäß Tabelle 3-2 zusammenfassen.

Tabelle 3-2: Nutzenkategorien

Bewertung unproblematisch	Bewertung problematisch
<ul style="list-style-type: none"> • direkter (absoluter) Nutzen • quantifizierbarer Nutzen • monetär bewertbarer (tangibler) Nutzen • interner Nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> • indirekter (relativer) Nutzen • schwer fassbarer Nutzen • qualitativer Nutzen • nicht monetär bewertbarer (intangibler) Nutzen • strategischer Nutzen • externer Nutzen

Alle Einteilungen haben gemeinsam, dass die Ableitung der Nutzenkriterien primär nicht von einer Unterstützung von Unternehmenszielen ausgeht, sondern von den Zugehörigkeiten zu den genannten Kategorien. Ein Ansatz, der auf einer Unterstützung von Unternehmenszielen basiert, soll im Folgenden dargestellt werden.

3.1.4.2 Kategorisierung nach Unternehmenszielunterstützung

Die Spezifikation von Nutzeneffekten lässt sich systematisch von den Zielen einer Unternehmung ableiten bzw. die Nutzeffekte lassen sich als Unterstützungsmotor für Unternehmensziele auffassen. Eine systematische Darstellung des Themenbereiches

„Unternehmensziele“ findet man unter anderem bei *Ehrmann* und bei *Adam* (vgl. [Ehrm95], S. 96 ff. und [Adam96], S. 99 ff.).

Im Kontext der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird die Ableitung der zu bewertenden Nutzeneffekte über Unternehmensziele von *Reichwald* durchgeführt. Dieser ganzheitliche Ansatz knüpft auf oberster Ebene an folgende Hauptziele an (vgl. [RHWe96], S. 121; [RMSE98], S. 278 und [Schw96], S. 2):

- Kosteneinsparung
- Zeiteinsparung
- Qualitätsverbesserung
- Flexibilitätserhöhung
- Humansituationsverbesserung
- Externe Effekte

In einer Top-Down-Vorgehensweise werden die genannten Oberziele in Unterziele aufgesplittet und so bis zur untersten Ebene Nutzenpotenziale analysiert (vgl. [RHWe96], S. 134). Einen detaillierten Katalog an Unterzielen findet man bei *Reichwald* (vgl. [RHWe96], S. 141 ff.). Dieser Katalog ist Grundlage für die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse“ in der, neben der horizontalen Zieleinteilung, die Gesamthematik aus den Blickwinkeln Mitarbeitersicht, Unternehmenssicht und gesellschaftliche Sicht betrachtet wird (siehe auch Kapitel 3.2.3.3).

Ein ähnlicher Ansatz erfolgt in der *Balanced Scorecard* Methode, bei der vier Perspektiven vorgeschlagen werden. Aus den vier Sichtweisen *Finanzielle Perspektive*, *Kundenperspektive*, *Interne Prozesse* und *Lern- und Mitarbeiterperspektive* werden Kennzahlen bestimmt, die die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens oder Unternehmensbereiches qualitativ und quantitativ beschreiben (vgl. [Heyd00], S. 378 und [Rehä00], S. 211). Dabei werden aus den vier Perspektiven heraus Kennzahlen in Bezug auf Unternehmensziele abgeleitet (vgl. [Bern00], S. 23 und [Wefe00], S. 124 f. und siehe auch Kapitel 3.2.5.3).

3.2 Einteilung der Methoden

Zur Nutzenbewertung von Informationstechnologie existieren zahlreiche Methoden und Methodenkombinationen. Fokus dieser Arbeit ist die Bewertung von innovativen IT-

Projekten in der Phase der Projektplanung und Bewilligung, so dass auf die Diskussion von Bewertungsmethoden, die ex-post ausgerichtet sind, verzichtet werden soll. Die Einteilung der bekanntesten Methoden erfolgt in Anlehnung an *Nagel* und *Reichwald* (vgl. [Nage90], S. 41; [RHWe96], S. 72 und [Wolf91], S. 1066). In Abbildung 3-1 ist eine Darstellung der wichtigsten prognostizierenden Methoden gegeben.

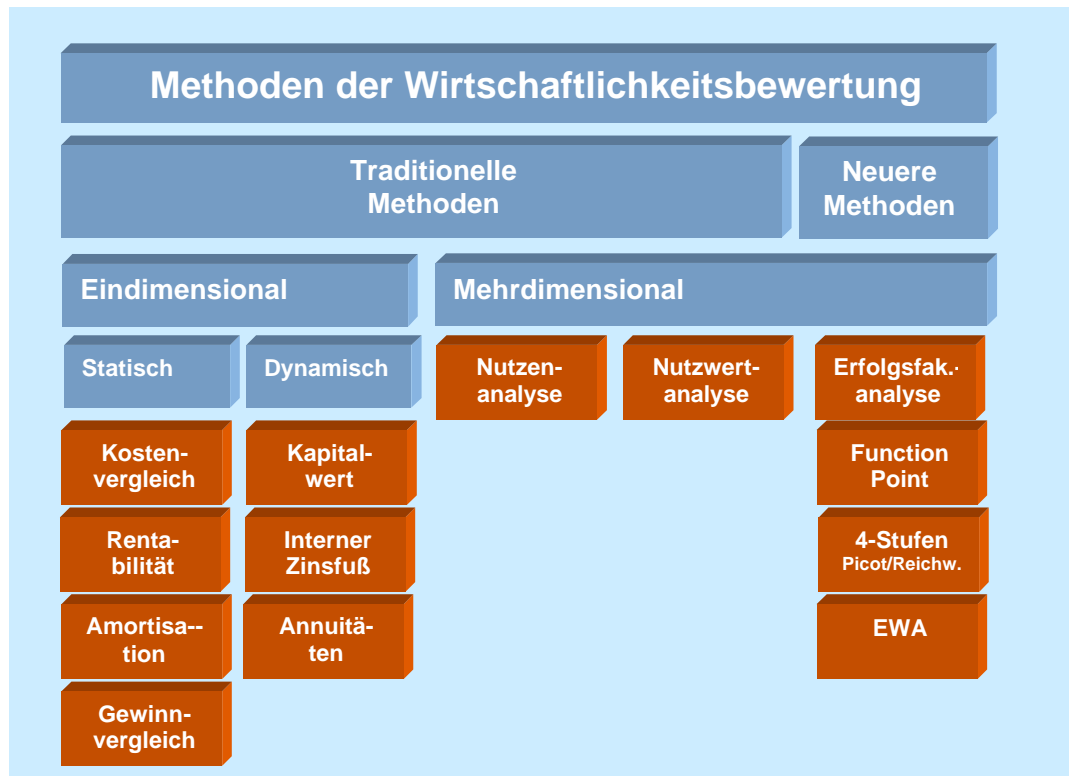


Abbildung 3-1: Übersicht an Methoden zur Wirtschaftlichkeitsbewertung¹² (nach [Nage90])

Die traditionellen Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass sie, bis auf Ausnahmen, einfach durchgeführt werden können, eine transparente Logik verfolgen und sich in der Praxis bewährt haben. Unter neueren Methoden sind die Methoden aufgeführt, die in letzter Zeit entwickelt wurden und insbesondere die Thematik von schwer fassbaren und weit reichenden Nutzeneffekten berücksichtigen. Die Dimensionalität einer Methode sagt aus, wie viele Ziele parallel betrachtet werden können.

¹² Die Function Point Methode dient vornehmlich zur Aufwandsabschätzung von EDV-Projekten. Sie wurde zwar hier genannt, soll aber, da in ihr nur der Aufwand und nicht die Nutzenseite betrachtet wird, in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt werden (vgl. [Hürt93], S. 94 ff.).

Die statischen Vergleichsmethoden eignen sich nur zur Unterstützung von einfachen unternehmerischen Entscheidungssituationen - sie sollen hier nicht näher ausgeführt werden. Ebenso sollen die dynamischen Methoden, die dadurch ausgezeichnet sind, dass sie Zahlungsströme über mehrere Perioden berücksichtigen, nur kurz erwähnt werden.

3.2.1 Eindimensionale dynamische Methoden

Als Dimension bei allen drei hier genannten Methoden dient der Zahlungsstrom in Form von Ein- bzw. Auszahlungen in das Investitionsprojekt. Die Methoden eignen sich dazu, unter verschiedenen Randbedingungen mehrere mögliche Investitionsentscheidungen miteinander zu vergleichen. Als Entscheidungskriterium dient der Kapitalwert, die Annuität oder der interne Zinsfuß einer Zahlungsreihe. Der Kapitalwert ist die Differenz zwischen den auf den Anfangszeitpunkt abgezinsten Ein- und Auszahlungen aus einem Projekt. Je höher der Kapitalwert, desto vorteilhafter die Investition (vgl. [FrHa90], S.116). Bei der Annuitätenmethode wird der eigentlichen Zahlungsreihe eine Rente mit gleichem Kapitalwert gegenübergestellt. Die Höhe der Rente (Annuität) steht dann als Kriterium für die Beurteilung der Zahlungsreihe. Bei der Methode des Internen Zinsfußes dient der Zinssatz als Kriterium, bei dem eine Zahlungsreihe einen Kapitalwert gleich 0 hat (vgl. [FrHa90], S. 120 ff. und [Prei98], S. 187).

Die angesprochenen Methoden sind in Praxis eingeführt, eignen sich jedoch nur dann, wenn konkrete Zahlungsströme bekannt sind.

3.2.2 Traditionelle mehrdimensionale Methoden

3.2.2.1 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist eine relativ häufig eingesetzte Methode des Projektcontrollings, mit der mehrere Projekte miteinander verglichen werden können¹³ (vgl. [SLKr95], S. 136 und [HWSc01], S. 70). Dabei zeichnet sich die Methode dadurch aus, dass bei ihr auf eine monetäre Bewertung verzichtet wird und die multidimensionalen Nutzenaspekte durch eine kardinale Skala repräsentiert werden (vgl. [Witt94], S. 13). Als

¹³ Bei *Walterscheid, Vetschra, Hoffmann* ist eine empirische Studie zur Benutzungshäufigkeit von Bewertungsmethoden aufgezeigt. Dort rangiert die Nutzwertanalyse an vierter Stelle nach „Informelle Gespräche“, „Kostenschätzung“ und „Kosten-Nutzen-Analyse“. Dazu ist anzumerken, dass die dort genannten Methoden keine Methoden im eigentlichen Sinne sind, sondern mehr oder minder triviale Kosten-Nutzen-Vergleiche darstellen. Hingegen ist die Nutzwertanalyse ein klar formuliertes systematisches Vorgehensmodell (vgl. [WaVH95], S. 45).

Ergebnis der Methode erhält der Analyst einen kumulierten Gesamtnutzwert, der in einem Wert die Priorität einer Handlungsalternative anzeigt. Die Kennzahlen des Gesamt- und des Teilnutzens einer Alternative sind dimensionslos und repräsentieren keine monetären Vorteile, sondern einen Ordnungsindex (vgl. [Wolf91], S. 1070 und [Dux98], Kapitel 2.2.5 S. 1).

Der Einsatz der Nutzwertanalyse erfolgt grundsätzlich in 5 Schritten. An verschiedenen Stellen wird ein 6. Schritt - die Sensitivitätsanalyse - empfohlen (vgl. [Ehrm95], S. 87 und [EKPP96], S. 139). Die Definitionen der Vorgehensschritte weichen in der Literatur gelegentlich voneinander ab. Im Folgenden sollen die Vorgehensschritte nach *Ebert et al.* und die Darstellungen nach *Nagel* übernommen werden (vgl. [EKPP96], S.139 ff. und [Nage90], S. 89).

Im ersten Schritt wird verbal das globale Entscheidungsziel definiert. Weiterhin wird ein Formular aufgestellt, das z. B. vertikal die Nutzkriterien enthält und horizontal sämtliche alternativ zu bewertenden Projekte aufzeigt. Es ergibt sich somit eine Darstellung gemäß Abb. 3-2.

Hauptziel und unbedingte Anforderungen		Alternative Projekte					
Nutzenkriterium	Gewicht	Projekt 1		Projekt 2		Projekt 3	
		Wert	GxW	Wert	GxW	Wert	GxW
Kriterium 1	10						
Kriterium 2	20						
Kriterium 3	50						
Kriterium 4	20						
Ergebnisse	100						

Abbildung 3-2: Formular zur Nutzwertanalyse (nach [Nage90], S. 89)

Im 2. Schritt erfolgt eine Bewertung der Nutzenkriterien (siehe Spalte Wert in Abb. 3-2). Hierzu wird ein kardinales Punkteschema eingesetzt, das vom Analysten individuell

in seiner Skala definiert wird. So wird bei *Ebert et al.* ein 5-Punkte- und bei *Schmidt* ein 10-Punkte-Schema genannt. Die Skalierung ist grundsätzlich nicht festgelegt, so dass auch eine nominale Bewertung denkbar wäre (vgl. [EKPP96], S. 139; [Schm97], S. 305 und [KaRe98], S. 2).

Im 3. Schritt erfolgt eine subjektive und relative Einschätzung der Nutzenkriterien. Hierzu wird das Gewicht eines Nutzenkriteriums festgelegt. Die Gewichtung erfolgt entweder zwischen 0 und 1 oder in Prozent zwischen 0 % und 100 %. Im gleichen Schritt können die gewichteten Bewertungen $G \times W$ und, über alle Nutzenkriterien hinweg, die kumulierten Nutzwerte für jede Alternative bestimmt werden (vgl. [Wolf91], S. 1072).

Durch die in Schritt 3 bestimmten Nutzwerte der Alternativen kann eine Rangordnung der Projekte aufgestellt und das Projekt mit dem höchsten Nutzwert ausgezeichnet werden (vgl. [EKPP96], S. 140 dort Schritt 4 und 5).

Durch die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse können die subjektiv gewählten Gewichtungen und Bewertungen auf ihre Stärke in der Wirkung auf das Endergebnis evaluiert werden. Hierzu wird hinterfragt, wie stark eine Änderung eines Eingabeparameters (Ziel, Gewicht, Punkteschema) das gesamte Endergebnis verändert (vgl. [Schm97], S. 308; [Wolf91], S. 1072 und [EKPP96], S.140). Durch die Sensitivitätsanalyse kann somit die Qualität der aufgestellten Aussage beurteilt werden und eine Kritik derselben erfolgen (vgl. [SYST98], Kapitel 1.4 S. 4).

Die Nutzwertanalyse hat den klaren Vorteil, dass sie stark schematisch und formalisiert ist. Durch die damit verbundene Transparenz der Methode lässt sie sich in der Praxis schnell einsetzen und liefert plausible numerische Ergebnisse. Es lassen sich jedoch folgende Kritikpunkte anbringen:

- Die Auffindung von Nutzeneffekten wird nicht unterstützt. Der Analyst muss, bevor er die Methode einsetzt, wissen, wo welche Projektalternative positive oder negative Wirkungen zeigt. Das Auffinden von Synergieeffekten und Wechselwirkungen wird nicht methodisch unterstützt.
- Durch das Scoringverfahren - die Benotung - von Nutzeneffekten kann eine „Scheingenauigkeit“ vorgetäuscht werden, die eine Fehlinterpretation des Endergebnisses hervorruft. Sehr vage Nutzeneffekte werden hier in ein exaktes numme-

risches Raster gebracht (vgl. [Adam96], S. 102). Zur Entzerrung dieser „Schein-genauigkeit“ könnte ein Fuzzy-Ansatz aufgestellt werden, der in anderen Bereichen, z. B. in der „Linearen Optimierung“, erfolgreich eingesetzt wird (vgl. [BMRu92], S. 74 und [Adam96], S. 429 ff.).

- Liegen präzise Nutzenangaben (monetäre Größen) neben unpräzisen vor, so werden die präzisen Angaben bewusst unscharf gemacht. Dies stellt aber einen deutlichen Informationsverlust dar, der die Qualität der Endaussage senkt (vgl. [Wolf91], S. 1073).

Ausführliche und praxisbelegte Beispiele zur Anwendung der Nutzwertanalyse zu unterschiedlichen Themenbereichen finden sich zahlreich in der Literatur, so z. B. bei *Mählk* zum Thema PPS-Einsatz (vgl. [Mähl95], S. 420 ff.), zur Materialbereitstellung bei *Dux* (vgl. [Dux98], S. 2) und zur Verkehrsplanung in [SYST98] (vgl. [SYST98], S. 4 ff.).

3.2.2.2 Nutzenanalyse

Die Nutzenanalyse ist ein Verfahren zur Beurteilung des absoluten monetären Nutzens einer Maßnahme oder eines Projektes. Die Nutzenanalyse kann somit auch eingesetzt werden, um generische Projekte zu beurteilen - d. h., es wird nicht die Aussage getroffen, dass ein Projekt besser als ein anderes ist, sondern dass das zu bewertende Projekt einen monetär bewerteten Nutzen stiftet. Die Methode kann über mehrere Perioden hin betrachtet werden, was somit auch mittelfristige Nutzeneffekte zeitlich korrekt darstellt.

Während in der Nutzwertanalyse keine Kategorisierung von Nutzeneffekten vorgenommen wird, wird in der Nutzenanalyse strikt in die Kategorien direkter, relativer und schwer fassbarer Nutzen unterschieden (siehe auch Kapitel 3.1.4).

Die Aufstellung des Bewertungsmodells wird in folgenden Schritten durchgeführt (vgl. [Nage90], S. 85):

- Im 1. Schritt werden sämtliche Nutzenmomente in einem Nutzenkatalog unsortiert und ohne Bewertung gesammelt. Die Methode unterstützt keine systematische Aufstellung dieses Kataloges, was u. U. zu einem unvollständigen Katalog führen kann. Lediglich die drei vorgezeichneten Nutzenkategorien geben einen vagen Anhaltspunkt, auf welchen Unternehmensebenen Nutzeneffekte entstehen. Negative Wir-

kungsvektoren werden in der Methode nicht als solche aufgeführt, lassen sich jedoch durch einen negativen monetären Wert einbringen.

- Im 2. Schritt werden die Nutzenkriterien in die oben genannten Klassen aufgeteilt. Dabei handelt es sich in Kategorie I um den direkten Nutzen, in Kategorie II um den relativen Nutzen und in Kategorie III um den schwer fassbaren Nutzen (siehe auch Kapitel 3.1.4).
- Im 3. Schritt erfolgt die Einzelbewertung der Nutzeneffekte. Da die Bewertung in der Nutzenanalyse strikt monetär erfolgt, ergibt sich für die Kategorien II und III das Problem, relativen Nutzen und schwer fassbaren Nutzen in Geldeinheiten zu beziffern. Dies ist insofern problematisch, als durch eine präzise Bewertung von vagen Größen eine Scheingenaugigkeit suggeriert wird (vgl. [Adam96], S. 102). Die Methode begegnet dieser Problematik dahingehend, dass für jeden Nutzeneffekt drei Realisierungschancen angegeben werden. Diese sind hohe, wahrscheinliche und geringe Realisierungschancen (vgl. [Nage90], S. 71). Was unter hoch, wahrscheinlich und gering jedoch konkret zu verstehen ist (z. B. konkrete Wahrscheinlichkeiten), wird in der Methode nicht näher spezifiziert. Im Beispiel nach *Nagel* wird eine Aufteilung in fünf Perioden aufgezeigt, was sich jedoch auch bei Bedarf auf mehrere oder weniger Perioden modifizieren lässt. Somit erhält man als Ansatz eine Struktur gemäß Tabelle 3-3.

Tabelle 3-3: Bewertung der Einzelnutzen nach Kategorien und Realisierungschance¹⁴

Kategorie	Nutzen	Realisierungschance		
		gering	wahrscheinlich	hoch
I	Kriterium A	x DM	x DM	x DM
I	Kriterium B	x DM	x DM	x DM
II	Kriterium C	x DM	x DM	x DM
II	Kriterium D	x DM	x DM	x DM
III	Kriterium E	x DM	x DM	x DM

¹⁴ Wird mit mehreren Perioden gearbeitet, so wird jede Tabellenzelle in <n>- Perioden aufgeteilt.

- In einem weiteren Schritt (4. Schritt) werden die Daten über die Nutzenkategorie kumuliert, so dass man, im Falle der einperiodigen Betrachtung, eine Matrix mit 9 Feldern erhält (siehe Tabelle 3-4).

Tabelle 3-4: Nutzen kumuliert über Kategorie (nach [Nage90], S. 76).

	hoch	wahrscheinlich	gering
Kat. I (Summe)	x DM	x DM	x DM
Kat. II (Summe)	x DM	x DM	x DM
Kat. III (Summe)	x DM	x DM	x DM

- Im 5. Schritt erfolgt nun schrittweise die Addition der neun monetären Werte. Somit wird eine Zahlenreihe aufgestellt, die das Projekt monetär von einer pessimistischen bis hin zu einer optimistischen Sichtweise bewertet. Die zentrale Frage dieses Schrittes ist jedoch, in welcher Reihenfolge die Datenwerte addiert werden. Als Standardreihenfolge gibt *Nagel* die Kette gemäß Tabelle 3-5 an.

Tabelle 3-5: Standardreihenfolge der schrittweisen Kumulation (nach [Nage90], S. 76)

	hoch	wahrscheinlich	gering
Kat. I	1. Wert	3. Wert	6. Wert
Kat. II	2. Wert	5. Wert	8. Wert
Kat. III	4. Wert	7. Wert	9. Wert

Der Analyst besitzt jedoch die Freiheit, sich die Reihenfolge der Kumulation auf seine Problematik abzustimmen, was zu anderen Reihungen führt.

- Im 6. Schritt erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse. Hierzu kann die ermittelte Zahlenreihe grafisch dargestellt und dem Kostenverlauf gegenüber gestellt werden (vgl. [Ott93], S. 526).

- Die monetäre Aussage der Methode ist einerseits von Vorteil, da sich der Entscheidungsträger konkret die Vorteilhaftigkeit vorstellen kann. Andererseits läuft die Methode Gefahr eine Scheingenauigkeit zu suggerieren. Sie ist somit nur zulässig einzusetzen, wenn der Entscheidungsträger sich dieses Sachverhaltes bewusst ist. Weiterer Vorteil der Methode ist, dass sie schematisiert eingesetzt werden kann. Durch den schematisierten Charakter ist die Methode gut geeignet in einer Software abgebildet zu werden. Nachteilig ist jedoch, dass durch die Methode keine Bewertung und keine Lokalisierung der Nutzenmomente unterstützt wird. Ein entscheidender Vorteil liegt bei dieser Methode, wenn generische Projekte zu beurteilen sind - also eine Fragestellung auftritt, ob ein Projekt sinnvoll ist oder nicht. Da die Methode nicht mehrere Projekte vergleicht, sondern ein Projekt absolut beurteilt, ist sie insbesondere für Projektbeurteilungen, bei denen Alternativen nicht existieren, prädestiniert. Somit kommt diese Methode vor allem für innovative Projekte, u. a. auch VR-Projekte, in Frage.

Projektbeispiel:

Im Rahmen dieser Arbeit wurde im 2. Halbjahr 97 ein VR-Projekt durchgeführt, bei dem die VR-Technik in einen betriebswirtschaftlichen Unternehmensprozess integriert wurde. Es handelt sich hierbei um den Einsatz von VR in Assessmentcenters, die im Personalwesen zur Personalrekrutierung durchgeführt werden. Konkret wurde eine Gruppenübung im AC auf VR-Basis durchgeführt. Diese Anwendung wurde aus der Sicht des Unternehmens SIEMENS mit einer Nutzenanalyse wie folgt bewertet.

1. und 2. Schritt Nutzenkatalog und Kategorisierung

Der Nutzenkatalog wurde in Rücksprache mit dem Projektleiter Prof. Dr. Cisek der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt aufgestellt. Folgende Nutzenmomente wurden erwartet:

Kat. I: Einsparung von Fundusaufwand

Kat. II: Flexibilität der Testumgebung wird erhöht

Kat. II: Test wird wirklichkeitsgetreuer

Kat. II: Extreme Testsituationen werden möglich

Kat. II: Test der Umstellungsfähigkeit durch flexibles VR-System wird möglich

Kat. III: Erhöhung der Bewerberzusagen

3. Schritt: Bewertung

Es wurden die Nutzenkriterien wie folgt monetär bewertet (siehe Tabelle 3-6):

Tabelle 3-6: Bewertung der Nutzenkriterien Projekt AC SIEMENS

Nutzenaufstellung			
Realisierungschancen	hoch	mittel	gering
Kat. I			
Fundusaufwand	1,00 TDM	0,50 TDM	0,50 TDM
Summe Kat. I	1,00 TDM	0,50 TDM	0,50 TDM
Kat. II			
Flexibilitätssteigerung	33,00 TDM	16,50 TDM	16,50 TDM
Wirklichkeitsnähe	11,00 TDM	5,50 TDM	5,50 TDM
Extreme Testsituationen	22,00 TDM	11,00 TDM	11,00 TDM
Test d. Umstellungsfähigkeit	33,00 TDM	16,50 TDM	16,50 TDM
Summe Kat. II	99,00 TDM	49,50 TDM	49,50 TDM
Kat. III			
Erhöhung der Zusagen	12,50 TDM	25,00 TDM	25,00 TDM
Summe Kat. III	12,50 TDM	25,00 TDM	25,00 TDM

4. und 5. Schritt: Reihung und Kumulation der Categoriesummen

Nach der Kumulation der Kategorien und Reihung nach der Standardaufteilung ergibt sich folgendes Pessimismus - Optimismus Schema:

Tabelle 3-7: Numerisches Ergebnis Projekt AC SIEMENS

Pessimismus – Optimismus	---	--	-	-0	0	0+	+	++	+++
Übertrag aus Summe Kat. I bis III in TDM	1,00	99,00	0,50	12,50	49,50	0,50	25,00	49,50	25,00
Kumuliert in TDM	1,00	100,00	100,50	113,00	162,50	163,00	188,00	237,50	262,50

Die Kosten der Entwicklung beliefen sich für folgende Komponenten auf:

HMD	30.000,- DM
Softwaretool	5.000,- DM
200 Stunden Entwicklungsarbeit	<u>15.000,- DM</u>
Summe:	50.000,- DM

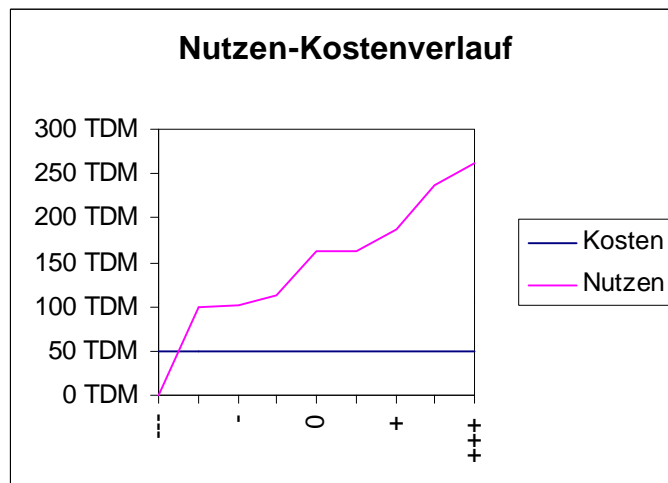


Diagramm 3-1: Ergebnis der Nutzenanalyse grafisch

Nach dieser Einschätzung ergibt sich schon bei einem hohen Grad an Pessimismus (--- bis --) der Breakeven Point von Kosten und Nutzen (siehe Diagramm 3-1).

3.2.3 Neuere mehrdimensionale Methoden

3.2.3.1 Erfolgsfaktorenanalyse

Ein anderer Ansatz zur Beurteilung von Informationstechnologien und deren Nutzeffekten wird bei der Erfolgsfaktorenanalyse aufgestellt (vgl. [Lehn95], S.386). Dieser Ansatz geht auf *Rockart* zurück, der im Jahr 1982, basierend auf einer empirischen Studie, die vier Hauptkategorien von Erfolgsfaktoren, nämlich Service, Kommunikation, Personal und Positionierung klassifiziert (vgl. [Lehn95], S. 387; siehe auch [Hein02], S. 381 ff. und [Hein01], S. 251 ff.). Die Analyse der Erfolgsfaktoren wird weniger zur Beurteilung einzelner Investitionsvorhaben und deren Vergleich eingesetzt, sondern zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der bestehenden Informationsinfrastruktur sowie der darauf aufgebauten Organisation (vgl. [Niem91], S. 939). Im Vordergrund der Methode steht somit, die gesamte Leistungsfähigkeit einer IT-Abteilung zu analysieren und zu beurteilen ([Lehn95], S. 396).

Die Erfolgsfaktorenanalyse wird stufenweise in folgenden Schritten durchgeführt:

- Festlegen der Erfolgsfaktoren

Beim Aufstellen der Erfolgsfaktoren ist zu bestimmen, welche Faktoren eines Unternehmensbereiches (IT-Abteilung) den Gesamterfolg der Unternehmung positiv oder negativ beeinflussen. Hierzu existiert ein nach den oben genannten Hauptkategorien standardisierter Katalog (vgl. [HeHä96], S. 94). Konkrete Anwendungen der Methode haben gezeigt, dass sich dieser Katalog immer wieder für den praktischen Einsatz eignet. Ein Anwendungsbeispiel findet man u. A. bei *Heinrich/Hänschel*, die die Methode einsetzen, um den Erfolg des „Benutzer Service“ zu messen (vgl. hierzu [HeHä96], S. 80 ff.). Obgleich mit dem Katalog eine Richtlinie zur Anwendung des Verfahrens vorliegt, sieht *Krcmar* das Hauptproblem in der korrekten Bestimmung der „Kritischen Erfolgsfaktoren“¹⁵ (vgl. [Krcm97], S. 213).

- Fragebogen erstellen und Befragung durchführen

Im zweiten Schritt wird ein Fragebogen erstellt, der die aufgestellten Erfolgsfaktoren beinhaltet sowie deren Beurteilung hinsichtlich der Priorität und der Leistung

¹⁵ Häufig wird die Methode auch als Analyse der „Kritischen Erfolgsfaktoren“ bezeichnet. Mit kritisch sind hier die Faktoren gemeint, die eine hohe Wirksamkeit (Priorität) besitzen.

zulässt (vgl. [Hein02], S. 386). Durch die Priorität wird die Bedeutung des einzelnen Erfolgsfaktors (Gewichtung) ausgedrückt. Die Leistung hingegen ist die Beurteilung, inwieweit die zu beurteilende Abteilung den jeweiligen Erfolgsfaktor unterstützt (Benotung) (vgl. [HeHä96], S. 86 und [Hein02], S. 386). Zur Befragung kommen Mitarbeiter aus dem gesamten Unternehmen, insbesondere sind Mitarbeiter aus den betroffenen Fachabteilungen und aus der IT-Abteilung auszuwählen. *Heinrich* empfiehlt bei kleineren Unternehmen eine Totalanalyse (bis 200 Mitarbeiter) durchzuführen und bei größeren und mittleren Unternehmen eine repräsentative Auswahl der Teilnehmer zu treffen (vgl. [Hein02], S. 388).

- Auswertung

Die numerische Auswertung und Kumulation der Daten erfolgt über diverse Rechenschritte. Als Ergebnisgrößen liefert die Methode den Erfolg eines Faktors $E(K)$, den Erfolg des Teilnehmers $E(T)$ sowie die Leistungsdifferenz $D(K)$ eines Faktors. Die Leistungsdifferenz eines Faktors gibt Aussage über dessen Priorität in Relation zur beurteilten Qualität. Sie kann somit als direkte Handlungsempfehlung interpretiert werden, ob ein Erfolgsfaktor aus- oder abgebaut werden soll (vgl. [Hein02], S. 387). Werden Leistung und Priorität gegenübergestellt, lassen sich die Faktorenkategorien Erfolg, Verschwendung, Killer und OK aufstellen. Durch diese Kategorisierung werden die Erfolgsfaktoren in „Behandlungsgruppen“ eingeteilt, d. h., dass z. B. ein Killer-Kriterium, also ein Faktor mit hoher Priorität und geringer Leistung, dringend zu verbessern ist (vgl. [HeHä96], S. 87). Die Analyseergebnisse können in unterschiedlichen grafischen Darstellungen aufbereitet werden (vgl. [Lehn95], S. 400 ff.).

Wie bereits eingangs erwähnt, ist die Methode in erste Linie geeignet, Schwachstellen und Stärken einer IT-Organisation zu analysieren und im Zusammenhang darzustellen. Sie ist demnach weniger geeignet, einzelne konkrete Innovationsprojekte zu beurteilen oder deren Nutzen zu analysieren und wird somit genutzt, um grundsätzliche Schwachstellen in der IT-Organisation zu finden und darauf aufbauend IT-Technologien zu verbessern oder neue einzuführen.

3.2.3.2 Vierstufiges Wirtschaftlichkeitsmodell

Einen ersten Ansatz, die Wirtschaftlichkeit nicht isoliert, sondern möglichst generalistisch zu betrachten, machen *Picot/Reichwald*. Sie skizzieren in [PiRe87] ein Bewertungsmodell, das das Nutzenkalkül nicht nur aus einer, sondern aus vier Perspektiven betrachtet. Hinter dem Modell verbirgt sich keine numerische oder algorithmische Methode, sondern eine Empfehlung, eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hierarchisch in vier Betrachtungsebenen durchzuführen. Dabei gehen die Kriterien einer untergeordneten Ebene in eine übergeordnete ein (vgl. [Wolf91], S. 1077).

Charakteristisch ist, dass in der untersten Stufe die Bewertung des Nutzens am präzisesten erfolgt, hingegen in der obersten Ebene nur eine vage Nutzenquantifizierung erfolgen kann (vgl. [Wolf91], S. 1078). *Picot/Reichwald* stellen in [PiRe87] folgende Betrachtungsebenen auf (vgl. [PiRe87], S. 107):

- W1 - Isolierte technikbezogene Wirtschaftlichkeit
- W2 - Subsystembezogene Wirtschaftlichkeit
- W3 - Gesamtorganisatorische Wirtschaftlichkeit
- W4 - Gesellschaftliche Wirtschaftlichkeit

In der Ebene W1 werden sämtliche Nutzen- und Kostenbeträge verzeichnet, die direkt der geplanten IT-Investition am Arbeitsplatz zuzurechnen sind (vgl. [Nage90], S. 124). Hierzu zählen Kosteneinsparungen, die durch Qualitäts- und Geschwindigkeitserhöhung direkt im Zusammenhang mit der geplanten Technik stehen (vgl. [Wolf91], S. 1078). Die Nutzenbetrachtung dieser Ebene erfolgt analog der Betrachtung des „direkten Nutzens“ (siehe Kapitel 3.2.2.2). In der Ebene W2 werden Kosten- und Nutzeneffekte betrachtet, die in den beteiligten Unternehmensprozessen entstehen. Somit werden vor- und nachgeschaltete Arbeitsabläufe mit in die Betrachtung einbezogen (vgl. [Nage90], S. 124). In der Gesamtorganisatorischen Ebene W3 werden die Effekte diskutiert, die auf das gesamte Unternehmen auch mittel- und langfristig wirken. Hierzu zählen Leistungsfähigkeit der Unternehmung, Image, Wettbewerbsvorteile, Humansituation etc. (vgl. [Wolf91], S. 1078). In der vierten Analyseebene (W4) werden Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft aufgestellt. Hierzu zählen Auswirkung auf den gesamten Arbeitsmarkt, auf das Sozialsystem und dergleichen.

Die Darstellung des Nutzens, etwa in numerischen Kennzahlen oder monetären Werten, ist bei der vierstufigen Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht vorgezeichnet. Es obliegt dem Analyst, welche Indikatoren er benutzt (vgl. [Reic88], S. 276)¹⁶. Somit liefert die Methode keinen kumulierten Nutzenindikator, sondern motiviert den Analysten zur möglichst breiten Betrachtungsweise.

3.2.3.3 Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung

Während die oben genannten Verfahren die Bewertung einzelner IT-Investitionsvorhaben im Fokus hatten, stellt *Reichwald* die Bewertung von Reorganisationsvorhaben mit der Methode der „Erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung“ in den Vordergrund. Sie knüpft im Grundgedanken an das vierstufige Wirtschaftlichkeitsmodell an (siehe 3.2.3.2), betont aber besonders die strategieorientierte Bewertung (vgl. [RHWe96], S. 122 und [Here98], Kapitel 3.2, S. 8)¹⁷. Konzipiert wurde die Methode speziell für die Beurteilung von Reorganisationsmaßnahmen. Anwendungsbeispiele zur Telekooperation findet man bei [RMSE98] und bei [Reic98] sowie zum Thema Fertigungsorganisation in [Hymo98] und in [Schw96].

Die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung“ betrachtet das Nutzenkalkül aus drei unterschiedlichen Sichtweisen. Diese sind: die Sicht des Mitarbeiters, die Sicht des Unternehmens und die gesellschaftliche Sicht (vgl. [RHWe96], S. 121). Während auch bei anderen Methoden schwer fassbare Nutzenkriterien, wie z. B. gesellschaftliche und soziale Auswirkungen, betrachtet werden können, zeichnet sich die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ dadurch aus, dass für alle drei Betrachtungsperspektiven zunächst eigenständige getrennte Analysen durchgeführt werden (vgl. [Antw95a], S. 56 f.). Dies führt am Ende der „Erweiterten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ zu drei getrennten Ergebnissen, die im Gesamtergebnis miteinander zu vergleichen und zu diskutieren sind (vgl. [RHWe96], S. 216).

¹⁶ In [Reic88] wird der Einsatz der vierstufigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Themenbereich von CIM diskutiert. Hier wird das Vorgehensmodell der VDI Richtlinie 5015 abgeleitet, die auf eine Arbeit von *Picot* und *Reichwald* zurückgeht (vgl. [Reic88], S. 272).

¹⁷ *Hereth* zitiert in seiner Arbeit ebenfalls die Arbeiten von *Reichwald*, stellt aber ein eigenes Verfahren, das Parallelen zur Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt, auf. So geht auch er in den Schritten Zielsystem, Gewichtung der Ziele und Bewertung, Nutzwertberechnung, Sensitivitätsanalyse und Auswahlentscheidung vor. Der eigentlich generalistische Ansatz - die drei Betrachtungsebenen Mitarbeitersicht, Unternehmensicht und gesellschaftliche Perspektive - werden jedoch nicht übernommen (siehe hierzu [Here98], Kapitel 4, S. 9. ff.).

Wie auch bei anderen Methoden wird analysiert, welche Ziele eine zu beurteilende Maßnahme fördert. *Reichwald* bildet folgende sechs Zielkategorien: Kosten, Zeit, Humansituation, Flexibilität, Qualität und Externe Effekte. Wie in Abbildung 3-3 angedeutet, können die einzelnen Kategorien gegenseitig aufeinander wirken. So kann z. B. eine Qualitätssteigerung zu einer Zeitverzögerung und zu einer Kostensteigerung führen (vgl. [ReWe97], S. 164 und [RHWe96], S. 120).

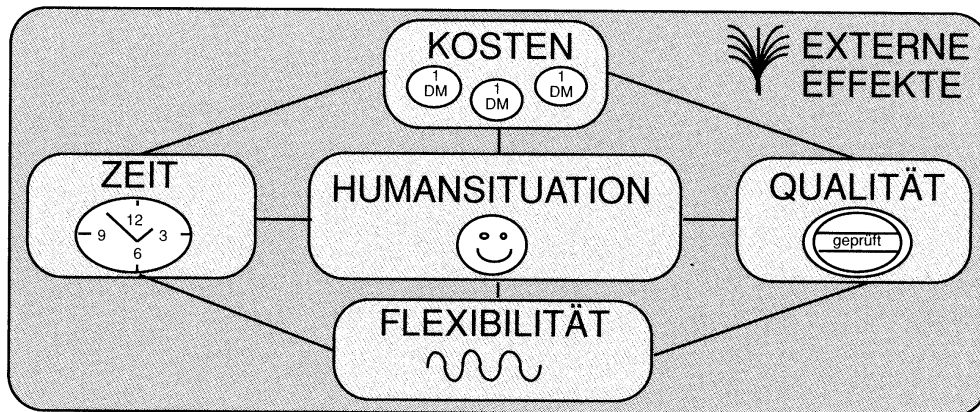


Abbildung 3-3: Gegenseitige Beeinflussung (aus [RHWe96], S. 121)

Die Durchführung der Methode erfolgt in drei Abschnitten mit jeweils drei Schritten:

- Zielfindung

Im ersten Schritt werden, getrennt für jede Betrachtungsweise, die Zielkategorien ausgewählt. D. h., es wird gemäß Abb. 3-3 für die Sichtweise Arbeitnehmer, Unternehmen und Gesellschaft determiniert, welche Kategorien (Zeit, Kosten, ...) jeweils relevant sind. Im zweiten Schritt der Analyse werden für jede Kategorie konkrete Teilziele bestimmt, die bei Bedarf in weitere Unterzielebenen aufgesplittet werden (vgl. [RHWe96], S. 133)¹⁸. Im dritten Schritt der Analyse erfolgt eine Operationalisierung der Ziele, d. h., es wird festgelegt, in welchen Größen die Zielerfüllung bewertet werden kann. Dieses Basisproblem der Wirtschaftlichkeitsbewertung wurde bereits in Kapitel 3.1 näher dargestellt. *Reichwald* diskutiert in [RHWe96] drei Bewertungsfälle: monetär bewertbar, quantifizierbar und qualitativ bewertbar (vgl. [RHWe96], S. 136 sowie oben Kapitel 3.1).

¹⁸ siehe zum Thema Zielbildung ergänzend auch [Adam96], S. 99 ff.

- **Maßnahmengenerierung**
Im vierten Teilschritt werden die aufgestellten Teilziele auf Interdependenzen überprüft. Dies erfolgt in der praktischen Umsetzung durch die Verwendung einer Vernetzungsmatrix. Nach dieser detaillierten Darstellung der Ziele wird im fünften Schritt entwickelt, mit welchen Maßnahmen die Ziele erreicht bzw. gefördert werden können. Um eine mögliche Konfliktsituation von mehreren aufgestellten Maßnahmen auszuschließen, wird durch den sechsten Schritt eine Evaluation der Maßnahmenvernetzung durchgeführt (vgl. [RHWe96], S. 212 ff.).
- **Ganzheitliche Bewertung**
Die eigentliche Bewertung der Ziele erfolgt im dritten Abschnitt der Methode. Bevor eine absolute Bewertung erfolgt, werden die Ziele bzw. deren Unterziele durch die Vergabe einer Prioritätszahl gewichtet. Hiermit wird eine relative Bewertung der Ziele erreicht. Die eigentliche Bewertung der Ziele erfolgt im achten Schritt der Methode. Hierbei ist die Zielbewertung der gesellschaftlichen und der mitarbeiterbezogenen Ebene monetär nicht möglich. *Reichwald* greift hier auf die Nutzwertanalyse zurück und integriert diese in die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ (vgl. [RHWe96], S. 218). Die Ziele der unternehmerischen Ebene können meist monetär beziffert werden, so dass hier die üblichen eindimensionalen Methoden zum Einsatz kommen können (vgl. [RHWe96], S. 230). Im neunten Schritt werden schließlich sämtliche Daten aus den Ebenen zusammengeführt und vergleichend gegenübergestellt. Dieses Enddokument dient letztlich als Entscheidungsgrundlage für das jeweils geplante Investitionsprojekt und zeigt auf, welche Maßnahmen mit welcher Priorität zu verfolgen sind (vgl. [ReHW95], S. 226).

Mit der „Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse“ steht dem IT-Controlling ein Vorgehensmodell zur Verfügung, das strategisch orientiert ist und das insbesondere den Faktor „Mitarbeiter“ berücksichtigt. Der Mitarbeiter agiert hier zum einen als kompetenter Analyst (Integration in den Bewertungsvorgang) und zum anderen dient seine Perspektive, neben der gesellschaftlichen und unternehmerischen, als gleichberechtigtes Mandat (vgl. [ReHW95], S. 216).

3.2.3.4 FAOR-Methode

Die FAOR-Methode (Functional Analysis of Office Requirements) unterstützt, wie auch die anderen der hier skizzierten Methoden, die qualitative und quantitative Beurteilung von Kosten- und Nutzeneffekten. Sie hat ihren Ursprung in der Beurteilung von Büroautomationssystemen, lässt sich aber auf die Beurteilung von IT-Investitionen übertragen (vgl. [Antw95a], S. 61).

Ähnlich den oben genannten Methoden ist die FAOR-Methode ebenenorientiert. Hierbei wird die Wirkungskette von Technologieeinsätzen (ursprünglich im Rahmen der Bürokommunikation) über drei Ebenen betrachtet. In der Ebene I, der Ebene der Technologiepotenziale, wird zunächst bestimmt, welche technischen Potenziale durch die geplante Technik realisiert werden (vgl. [Antw95b], S. 146 und [Wolf91], S. 1081). In der Ebene II, der Ebene der Arbeitsprozesse, wird analysiert, welche Auswirkung eine geplante Technik auf die Arbeitsprozesse hat. Damit wird auf dieser Ebene auch der Vernetzung von Wirkungen und damit Synergieeffekten Rechnung getragen. Der eigentliche Nutzen wird erst auf der Ebene III definiert. Hierbei wird, wie bei allen mehrdimensionalen Methoden, der Nutzen als unternehmenszielorientierte Größe aufgefasst (vgl. [ScWo86], S. 59). Es wird somit bestimmt, welche Arbeitsprozesse, die durch die Technik positiv beeinflusst worden sind, welche Unternehmensziele fördern (vgl. [Wolf91], S. 1081).

Neben dieser vertikalen Betrachtung teilt die Methode in die drei Nutzenkategorien Effizienznutzen, Effektivitätsnutzen und persönlichen Nutzen auf. Effizienznutzen entsteht durch intensiveren Einsatz der Technik, Effektivitätsnutzen durch eine Qualitätssteigerung und der persönliche Nutzen direkt am Arbeitsplatz für den jeweiligen Mitarbeiter (vgl. [Antw95b], S. 146).

In der weiteren Systematik der FAOR-Methode werden Nutzenindikatoren aufgestellt, die im Wesentlichen einem Nutzenkriterienkatalog entsprechen.¹⁹ Die Methode wird in vier Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt wird die Technologieebene analysiert. Hier wird bestimmt, welche Änderungen technisch und organisatorisch erfolgen. Im zweiten Schritt wird nach obigem Modell determiniert, welche Arbeitsprozesse verändert bzw. welche von der Maßnahme tangiert werden. Im dritten Schritt werden die

¹⁹ vgl. hierzu die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse“ in Kapitel 3.2.3.3, die eine weitaus präzisere Kategorisierung der Nutzenkriterien liefert.

Indikatoren (Nutzeffekte) aufgestellt und bewertet. Im vierten Schritt wird letztlich eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Indikatoren auf ihre Wirkungsstärke hin zu überprüfen (vgl. [ScWo86], S. 61 f.). Ein angelehtes Beispiel zur Anwendung der Methode findet man bei *Schuhmann* (siehe [Schu96b], S. 139 ff.).

Auf einen numerischen Bewertungsalgorithmus wird in der FAOR-Methode verzichtet. Die Methode versteht sich mehr als strukturierte Anleitung zur Beurteilung von Wirkungsketten über mehrere Arbeitsprozesse hinweg (vgl. [Antw95b], S. 147).

3.2.4 Entscheidungstheorie

Die Entscheidungstheorie hat zur Aufgabe Modelle aufzustellen, mit denen Entscheidungsprobleme begründet gelöst werden können (vgl. [Sali90], S. 1). Dabei handelt es sich um Entscheidungen, die in alternative zukünftige Zustände führen, z. B. um Investitionen in unterschiedlichen Unternehmensbereichen zu tätigen oder alternative Märkte mit differenzierter Intensität zu bearbeiten. Da die Entscheidungslehre unterschiedliche Zielarten (monetär, nichtmonetär usw.) zulässt, ist sie sehr universell und kann in vielen Funktionsbereichen einer Unternehmung eingesetzt werden (vgl. [EiWe94], S. 9).

In der Entscheidungstheorie werden zwei Grundrichtungen unterschieden. Zum einen die **deskriptive Entscheidungstheorie**, die in erster Linie das Verhalten von Entscheidungsträgern betrachtet und daraus deskriptive Modelle ableitet, die zur Voraussage von zukünftigen Entscheidungen dienen. Dabei bedient sich diese Entscheidungstheorie der Erkenntnisse der Verhaltenswissenschaften (vgl. [BaCo00], S. 6 f.). Zum anderen wird in die **präskriptive Entscheidungstheorie** unterschieden, die zum Kern die Betrachtung der Entscheidungslogik hat. Sie setzt voraus, dass der Entscheidungsträger über ein Zielsystem verfügt, das die möglichen künftigen Alternativzustände beschreibt. In diesem Zielsystem beschreibt die präskriptive Entscheidungstheorie den für den Entscheidungsträger besten Handlungsweg, was auch als rationales Handeln bezeichnet wird (vgl. [SSVa00], S. 768).

Somit ergänzen sich beide Richtungen dahin, dass die deskriptive Entscheidungslehre zur Problemanalyse eingesetzt werden kann und die präskriptive Entscheidungslehre mit ihren Algorithmen den Weg zeigt, eine rationale Entscheidung zu treffen. Obgleich für die Betriebswirtschaftslehre die Verbindung beider Grundrichtungen relevant ist,

soll in dieser Arbeit die präskriptive Entscheidungslehre im Vordergrund stehen, da hier von klar strukturierbaren Zielsystemen ausgegangen werden kann (vgl. [Kahl97], S. 24 und [SSVa00], S. 768).

Entscheidungsfeld

Die Grundlage für das Entscheidungsmodell ist ein **Entscheidungsfeld**, welches sämtliche für das Problem relevanten Merkmale beinhaltet. Im Entscheidungsfeld werden Aktionen, Umweltfaktoren und Ergebnisse geführt, die ihrerseits in Unterfeldern abgegrenzt werden.

Aktionenfeld

Im **Aktionenfeld** werden die Handlungsalternativen, die in Entscheidungsproblem möglich sind aufgezeigt, wobei gebündelte Maßnahmen als eine Aktion aufgefasst werden. Die Alternativen müssen dabei so vorliegen, dass nur eine von mehreren eingeschlagen werden kann und dass genau eine eingeschlagen werden muss (vgl. [BaCo00], S. 15 f.).

Umweltfeld

Im **Umweltfeld**, das auch als Zustandsraum bezeichnet wird, werden Informationen über Umweltfaktoren geführt. Die Umweltfaktoren können vom Entscheidungsträger nicht beeinflusst werden – sie sind fix vorgegeben und sind z. B. Marktentwicklung, Gesetze oder bestehende Verträge (vgl. [SSVa00], S. 769). Die Umweltzustände können unterschiedliche Charakteristiken bezüglich ihrer Sicherheit haben. Bei **ungewissen** Zuständen ist lediglich bekannt, dass einer der aufgeführten Zustände des Zustandsfeldes eintreten wird. Können für die Umweltzustände Eintrittswahrscheinlichkeiten angegeben werden, spricht man von einer **Risikosituation**. In der Risikosituation wird unterschieden in objektive und subjektive Wahrscheinlichkeiten (vgl. [Kahl97], S. 118). Objektive Wahrscheinlichkeiten können aus empirischen Studien oder aus Zufallsexperimenten abgeleitet werden und sind überprüfbar. Subjektive Wahrscheinlichkeiten basieren auf Schätzungen von Experten oder auf Befragungen (vgl. [Mag90], S. 50 und S. 54 ff.). Für den Fall, dass das Eintreten eines Umweltzustandes sicher ist, ist die Rede von **Sicherheitssituation** (vgl. [Laux98], S. 23).

Ergebnisfeld

Im Ergebnisfeld werden die durch Kombination von Aktionsfeld und Umweltfeld möglichen Ergebnisausprägungen aufgeführt. Die Darstellung kann übersichtlich in einer Ergebnismatrix erfolgen (siehe Tab. 3-8).

Tabelle 3-8: Ergebnismatrix (nach [BaCo00], S. 24)

Umwelt- zustände Alternativen	u_1	u_2	·	·	·	u_3
a_1	x_{11}	x_{12}	·	·	·	x_{1n}
a_2	x_{21}	x_{22}	·	·	·	x_{2n}
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
a_m	x_{m1}	x_{m2}	·	·	·	x_{mn}

Dabei werden die Ergebnisse x durch eine Ergebnisfunktion $g(a,u)$ determiniert. Die Funktion $g(a,u)$ liefert die Höhe des Ergebnisses für eine Kombination von a und u , auf Grund dem Entscheidungsträger bekannter Gesetzmäßigkeiten (vgl. [BaCo00], S. 23).

Zielsystem

Jeder Entscheidungsträger verfolgt mit seinen Handlungsentscheidungen ein Ziel. Ein Ziel ist somit ein präferierter zukünftiger Zustand und stellt die Grundlage für eine rationale Entscheidung dar (vgl. [EiWe94], S. 52). Ein Ziel lässt sich durch die Kriterien **Zielinhalt**, **Zielausmaß**, **Zeitbezug** und **Geltungsbereich** beschreiben. Der **Zielinhalt** beschreibt die exakte Definition eines Zieles und kann quantitativ oder qualitativ formuliert werden. Bei einer quantitativen Beschreibung wird eine konkrete numerische Variable als Zielgröße verwendet. Bei einer qualitativen Beschreibung ist eine möglichst exakte Formulierung des Zielzustandes nötig (vgl. [Mag90], S. 30). Das **Zielausmaß** beschreibt die Sollgröße des Zielinhaltes und kann, z. B. eine Maximierung, eine Minimierung oder ein Fixierung auf einen bestimmten Wert sein (vgl. [Laux98], S. 30). In der Regel hängen Ziele mit einem Erreichungszeitpunkt oder Zeitraum zusammen, so dass bei Zielen ein **Zeitbezug** vorliegt. Letztendlich muss durch den **Geltungsbereich** formuliert werden, in welchem Sektor (z. B. Abteilung) das Ziel angestrebt wird.

Da Ziele untereinander in Beziehung stehen können, treten bei der gleichzeitigen Verfolgung mehrerer Ziele möglicherweise Wechselwirkungen auf. Von Zielidentität ist die Rede, wenn zwei oder mehrere Ziele in die identische Richtung gehen. Beeinflussen sich Ziele gegenseitig positiv, so ist eine Zielkomplementarität gegeben, arbeiten sie gegeneinander, liegt ein Zielkonflikt vor. Den Grad der positiven oder negativen Wechselwirkung fasst man, wie auch bei anderen ökonomischen Zusammenhängen, in einem Elastizitätsmaß. Weiterhin kann Zielneutralität, bei der die Ziele sich nicht gegenseitig beeinflussen und Zielantinomie, bei der sich Ziele gegenseitig ausschließen, vorliegen (vgl. [Mag90], S. 32 f. und [SSVa00], S. 772).

Bei Mehrfachzielsystemen kann es sinnvoll sein eine Relativierung der Zielerreichungen vorzunehmen. Dies kann durch eine Priorisierung der Ziele erfolgen. Hierzu werden Ziele gewichtet oder durch eine Rangordnung nach ihrer Bedeutung aufgereiht (vgl. [Mag90], S. 38).

Entscheidungsmodell

Die Darstellung des Entscheidungsproblems erfolgt in einer Ergebnismatrix, einem Entscheidungsbaum oder in einem mathematischen Gleichungssystem (vgl. [DiKI96], S. 86 und [Kahl97], S. 52). Wird bei mehrfacher Zielverfolgung eine Ergebnismatrix verwendet, so ist für jedes Ziel eine Hauptspalte (z) und in jeder Zielspalte eine Unterspalte für die Umweltzustände (u) zu führen (siehe Tab. 3-9).

Tabelle 3-9: Entscheidungsmatrix (nach [SSVa00], S. 774)

Alternativen	Ziele	z_1		z_2		z_3	
	Umweltzustände	u_1	u_2	u_1	u_2	u_1	u_2
a_1		x_{111}	x_{112}	x_{211}	x_{212}	x_{311}	x_{312}
a_2		x_{121}	x_{122}	x_{221}	x_{222}	x_{321}	x_{322}
a_3		x_{131}	x_{132}	x_{231}	x_{232}	x_{331}	x_{332}

Werden bei einem Entscheidungsproblem zeitliche Abhängigkeiten berücksichtigt, so ist die Darstellung in einem Entscheidungsbaum sinnvoll. Durch ihn können mehrperiodige Entscheidungsmodelle dargestellt und berechnet werden (vgl. [Laux98], S. 287; [BaCo00], S. 270 ff. und siehe Abb. 3-4).

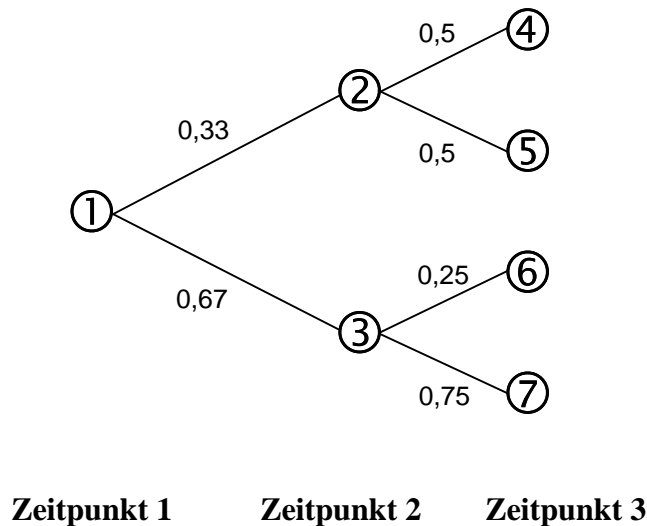


Abbildung 3-4: Entscheidungsbaum (nach [Laux98], S. 287)

Die dritte Möglichkeit das Entscheidungsmodell aufzustellen, ist die Formulierung eines Gleichungs- bzw. Ungleichungssystems. Hierbei werden die Umweltbedingungen als Nebenbedingungen geführt und eine Optimierungsrechnung, z. B. Maximierung der Zielfunktion durchgeführt. Die Lösung des Gleichungssystems kann z. B. über die Simplexmethode erfolgen (vgl. [UhGü00], Kapitel. 5.1).

Lösung des Entscheidungsproblems

Eine übliche Kategorisierung der Entscheidungssituationen erfolgt in Sicherheits-, Risiko und Ungewissheitssituation. Liegt **Sicherheit** über die Erreichung des Ergebnisses vor, ist die Lösung des Problems vergleichsweise einfach – es wird die Alternative gewählt, bei der die höchste Zielerreichung generiert wird. Liegen mehrere Ziele vor, so erfolgt eine Zielgewichtung oder eine Auswahl durch Rangordnung (siehe oben und [Laux98], S. 98 ff.).

Im Falle der **Risikosituation** können den Umweltzuständen konkrete subjektive oder objektive Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Die Entscheidung für eine Alternative kann nach unterschiedlichen Prinzipien erfolgen. Beim **Bernoulli-Prinzip** wird

eine Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers unterstellt. In die Nutzenfunktion geht als Parameter das Ergebnis einer Alternative ein. Da es sich um eine Risikosituation handelt, wird als Entscheidungskriterium die Alternative ausgewählt, die den höchsten Nutzenerwartungswert besitzt (vgl. [Schn91], S. 102 f.). Durch den mathematischen Nutzenfunktionsverlauf wird es möglich, verschiedene Verhaltensweisen gegenüber Risiko abzubilden. So beschreibt die Krümmung der Nutzenfunktion ob Risikosympathie, -aversion oder -neutralität vorliegt (vgl. [Schn91], S. 197 ff.). In der praktischen Anwendung ergibt sich jedoch das Problem, dass der Entscheidungsträger häufig nicht in der Lage ist den Verlauf seiner Nutzenfunktion zu skizzieren (vgl. [SSVa00], S. 778).

Als weiteres Entscheidungskriterium innerhalb der **Risikosituation** können die Erwartungswerte der Ergebnisse herangezogen werden. Bei dieser sog. **Bayes-Regel** wird die Alternative gewählt, die den höchsten Erwartungswert liefert (siehe Tab. 3-10 und vgl. [Laux98], S. 144).

Tabelle 3-10: Entscheidung nach der Bayes-Regel (nach [SSVa00], S. 779)

Alternativen	Umweltzustände	u_1	u_2	u_3	Erwartungswert
	Wahrscheinlichkeiten	0,1	0,2	0,7	
a_1		30	40	50	46
a_2		40	40	40	40
a_3		10	80	30	38

Durch die Bayes-Regel werden individuelle Präferenzen und die Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers nicht berücksichtigt (vgl. [Laux98], S. 152).

Den Einbezug der subjektiven Risikoeinstellung ermöglicht das $(\mu-\sigma)$ -Kriterium, bei dem die Streuung das Maß der Risikofreude ausdrückt. Bei gleichen Erwartungswerten mehrerer Alternativen wählt der Entscheidungsträger bei Risikoscheue die Alternative mit der geringeren Streuung und bei Risikofreude die mit höherer Streuung aus (vgl. [Laux98], S. 154 und siehe Tab. 3-11).

Tabelle 3-11 Entscheidung nach dem (μ - δ)-Kriterium (nach [SSVa00], S. 779)

Umweltzustände	u_1	u_2	u_3	Parameter	
Wahrscheinlichkeiten Alternativen	0,2	0,3	0,5	Erwartungswert	Standardabweichung
a_1	104	104	104	104	0
a_2	20	200	80	104	63,7

Liegt keine Angabe über die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens von Umweltzuständen vor, ist eine Entscheidungssituation unter **Ungewissheit** gegeben. In diesem Falle können Wahrscheinlichkeiten weder geschätzt noch durch Zufallsexperiment ermittelt werden. Die Entscheidungstheorie liefert hierzu verschieden Lösungsansätze, wie z. B. die Maximin-Regel, die Maximax-Regel, die Hurwicz-Regel, die Laplace-Regel und die Savage-Niehans-Regel (vgl. [Sali93], S. 93 ff. und [SiSc90], S. 51 ff.). Diese Regeln unterscheiden sich hauptsächlich darin, dass sie unterschiedliche Risikoverhalten ausdrücken. So drückt die Maximin-Regel wie auch die Savage-Niehans-Regel Risikoaversion und die Maximax-Regel Risikofreude aus. Bei der Hurwicz-Regel wird die Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers durch den Parameter δ bestimmt. Der Parameter kann zwischen 0 und 1 vorgegeben werden, wobei 0 eine extreme Risikoaversion und 1 eine extreme Risikofreude bedeutet (vgl. [SSVa00], S. 780 und [SiSc90], S. 52).

Die Laplace-Regel unterstellt für sämtliche Umweltzustände eine gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit und wählt die Alternative mit dem größten Zielertrag aus (vgl. [Kahl97], S. 131 f. und [BaCo00], S. 134).

Mit diesen hier umrissenen Methoden steht der Betriebswirtschaftslehre ein Instrumentarium zur systematischen Entscheidungsfindung zur Verfügung. Einen umfangreichen praktischen Einsatz der Entscheidungslehre findet man z. B. bei *Linnebank*, der die Entscheidungstheorie im Umfeld des Anlagegeschäftes diskutiert (vgl. [Linn00]).

Die Entscheidungslehre setzt auf präzise formulierten Größen auf und berücksichtigt subjektive Einstellungen, z. B. durch eine Nutzenfunktion beim Bernoulli-Prinzip oder

durch die Wahl von Entscheidungsregeln, die ein risikoaverses bzw. risikoscheues Verhalten verkörpern. Für den praktischen Einsatz, insbesondere für rechenintensive mehrperiodige Fragestellungen, stehen Softwarelösungen zur Verfügung. Diese sind auch in der Lage Nutzenfunktion interaktiv aufzustellen und ermöglichen so einen effizienten Einsatz (vgl. [GrSc01], S. 135 und S. 140). Vage und unscharfe Größen werden in der hier skizzierten Theorie nicht berücksichtigt; dies bezeichnen Kritiker als sog. „beschränkte Rationalität“. Sie führen an, dass das tatsächliche Entscheidungsverhalten von Personen von dem des Erwartungsnutzenkonzeptes abweicht (vgl. [Ott01], S. 1). Neuere Arbeiten beschreiben Wege, die Entscheidungstheorie mit einem Fuzzy-Ansatz zu kombinieren. Eine detaillierte Ausführung hierzu findet man bei *Ott* (vgl. [Ott01], S. 100 ff.).

3.2.5 Ansätze aus dem Controlling

Im modernen Controlling finden sich diverse Ansätze, die für die Diskussion um Nutzenbewertung von IT-Projekten relevant sind. Hier sei als Teildisziplin das IV-Controlling angeführt, das sich analog zur Einteilung im allgemeinen Controlling in die zwei Bereiche des strategischen und des operativen IT-Controllings aufteilen lässt. Im strategischen IT-Controlling stehen langfristige Entscheidungen auf hoher Managementebene im Vordergrund, bei der die Effektivität der IT im Unternehmen hinterfragt wird. Das operative IT-Controlling ist hingegen kurzfristig orientiert und analysiert die Effizienz der eingesetzten oder geplanten Informationstechnologie (vgl. [KuSp00], S. 507 und [Fied01], S. 6).

Die operative Betrachtung umfasst das IT-Projekt-Controlling und das IV-Infrastruktur-Controlling. Die strategische Betrachtung konzentriert sich auf die Erfolgspotenziale des IT-Einsatzes und der optimalen Nutzung der IT (vgl. [GeAh01], S. 52 und [KuSp00], S. 507). Damit ergeben sich analog zum allgemeinen Controlling die zwei traditionellen Fragestellungen: „Die richtigen Dinge tun“ und „Die Dinge richtig tun“ (vgl. [BCGü99], S. 9). Demnach sind die beiden Sektoren des strategischen und des operativen IT-Controllings für diese Arbeit relevant.

3.2.5.1 Strategisches IT-Controlling

Das strategische IT-Controlling besteht aus vier Grundprozessen. Diese sind die Zielfindung, die Planung, die Überwachung und die Steuerung. Die Ableitung der Unter-

nehmensziele erfolgt im Controlling grundsätzlich auf Basis eines Unternehmensleitbildes, das wiederum von einer Unternehmensvision geprägt ist. Die Vision und das Leitbild einer Unternehmung entsteht auf einer sehr hohen Managementebene, von der es auf die darunter liegenden Controllingprozesse heruntergebrochen wird (vgl. [BCGü99], S. 11). Daraus folgt, dass die IT-Ziele kompatibel zu den Unternehmenszielen und dem Unternehmensleitbild sein müssen und aus diesen abgeleitet werden (vgl. [GeAh01], S. 81).

Zielfindung

Das Aufstellen von **IT-Zielen** und **IT-Strategien** stützt sich auf eine Situationsanalyse der IT-Struktur. Diese Situationsanalyse setzt auf einer generellen Unternehmensanalyse auf, die Aufgabe des allgemeinen Controllings ist. Hier kommen die Ansätze der Unternehmens- und Umfeldanalyse zum Einsatz, wie z. B. das Branchenstrukturmodell, Stärken- und Schwächen-Analyse oder der wertkettenorientierte Analyseansatz (vgl. [Fied01], S. 34 und [BCGü99], S. 55 ff.).

Durch die Gegenüberstellung von Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken in einer SWOT-Analyse (Strengths Weakness Opportunities Threats) lassen sich Unternehmensziele aufstellen (vgl. [BCGü99], S. 75 ff.). Eine Komponente innerhalb der Situationsanalyse stellt die IT-Situationsanalyse dar, in der die interne IT-Situation und die externe Situation des IT-Umfeldes betrachtet wird. Ziel dieser Analyse ist es, den Zusammenhang zwischen der IT-Situation und den Wettbewerbszielen der Unternehmung aufzuzeigen und Stellgrößen zu definieren, die ein strategisches Eingreifen ermöglichen. Somit stellt die strategische Position der IT das Ergebnis der IT-Situationsanalyse dar. Die in der IT-Situationsdarstellung gezeigten Defizite sind die Basis zur Ableitung der IT-Ziele. Da nicht jedes Ziel sinnvoll ist, müssen die gesteckten Ziele auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit überprüft werden. Die Ergebnisse der Zielfindung werden in einem IT-Rahmenkonzept zusammengefasst, das einen komprimierten Ist- und Sollzustand der IT aufzeigt (vgl. [GeAh01], S. 108).

Planung

Die Aufgabe der **IT-Planung** umfasst die Aufstellung von IT-Strategien und deren Umsetzung. Eine IT-Strategie stellt dabei ein Handlungsmuster dar um bestimmte Ziele zu erreichen. In der IT-Planung werden aus den in der Zielfindung aufgestellten Zielen

Planungsziele abgeleitet, die eine Konkretisierung und Relativierung auf den Ist-Zustand darstellen. Die Planungsziele beschreiben somit die konkrete Abweichung vom Ist- zum Sollzustand (vgl. [GeAh01], S. 114). Die Ableitung von IT-Strategien erfolgt durch Konkretisierung von Vorgehensempfehlungen die das Erreichen eines Planungsziels skizzieren. Als Hilfsmittel zur Strategieformulierung und -darstellung kommen diverse Konzepte zum Einsatz, die auch für andere Controllingaufgaben genutzt werden. Probate Konzepte sind z. B. Portfolios, bei denen Umfeld- und Unternehmensdimensionen in Matrixform aufgezeigt werden und aus der jeweiligen Positionierung Normstrategien resultieren (vgl. [Hein02], S. 371 ff.). Konkretisiert findet sich dieser Ansatz in den technologieorientierten Portfolios, aus denen sich Strategien für die Gestaltung der IT-Infrastruktur ableiten lassen (vgl. [BCGü99], S. 221 ff.).

Weitere nutzbare Konzepte sind die Szenariotechnik, die Erfolgsfaktorenanalyse und Kennzahlensysteme (vgl. [Hein02], S. 381 ff. und [Hans95], S. 272). Die entwickelten strategischen Maßnahmen werden in einem IT-Rahmenplan festgehalten, der auch die zeitliche Abfolge der Aktivitäten aufzeigt. Eine weitere Detaillierung und Budgetierung erfolgt im IT-Unternehmensplan, der als Ergebnis der Planung angesehen wird (vgl. [GeAh01], S. 132).

Da hinter der Umsetzung von IT-Strategien in der Regel aufwändige Investitionen stehen, ergibt sich an dieser Stelle für das operative Controlling der Anknüpfungspunkt. Hier greift die Diskussion der Nutzenbewertung von IT-Innovationen direkt ein, da durch sie die Projekte, die zur Strategieumsetzung initiiert werden, bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit analysiert werden können. Somit kann das Ergebnis einer Nutzenanalyse eines IT-Projektes direkt in die Strategiebewertung einfließen (vgl. [Hein02], S. 126).

Überwachung und Steuerung

Im IT-Controlling hat die **Überwachung** die Aufgabe geplante IT-Strategien in ihrer Umsetzung zu kontrollieren. Die Durchführungs- und Statusbestimmung legt die Wirkung der IT-Strategie offen. In ihr wird der aktuelle Status der Strategieumsetzung dargestellt in dem sie quantitative, qualitative und zeitbezogene Kenngrößen aufzeigt. Die strategische Überwachung beobachtet zudem die den IT-Zielen zu Grunde gelegten Prämissen und sollte Störgrößen durch ein Frühwarnsystem erkennen. Die Komponente

der Steuerung schließt den kybernetischen Controllingkreis und stellt eine Rückkopplung an die **Zielfindung, Planung und Überwachung** dar (vgl. [GeAh01], S. 131 ff.).

3.2.5.2 Operatives IT-Controlling

Die allgemeine Funktion des operativen Controlling ist die kurzfristige Planung und Kontrolle von Maßnahmen und Ressourcen, die von der langfristig ausgerichteten strategischen Planung determiniert werden (vgl. [Hoit95], S. 62). Das operative Controlling umfasst die Kostenrechnung mit ihren unterschiedlichen Varianten, wie z. B. Kostenträgerrechnung, Plankostenrechnung oder Deckungsbeitragsrechnung. Die wesentliche Funktion der Kostenrechnung ist die Bereitstellung von Daten, die kurzfristige Erfolgsermittlung, die Kalkulation und die Wirtschaftlichkeitskontrolle. Dabei wird unter Wirtschaftlichkeitskontrolle ein ex-post Vergleich einer Kostenstelle verstanden, bei dem im Nachhinein Ist- und Sollkosten gegenüber gestellt werden (vgl. [Ehrm92], S. 3 und S. 77). D. h., das operative Controlling stützt sich hauptsächlich auf Zahlen und Daten der Vergangenheit und verknüpft diese um konkrete Handlungen für die Gegenwart abzuleiten.

Eine ähnliche Aufgabenstellung findet man beim operativen IT-Controlling, das den laufenden IT-Betrieb bezüglich der Wirtschaftlichkeit analysiert. Darüber hinaus erfolgt in diesem Controlling-Bereich das sog. Projektcontrolling, bei dem Wirtschaftlichkeitsanalysen zu IT-Projekten durchgeführt werden, die sowohl die Kosten wie auch die Nutzenwirkungen von IT-Projekten betrachten (vgl. [GeAh01], S. 246 und [KuSp00], S. 507).

Das Projektcontrolling umfasst die Überwachung und die Steuerung von IT-Projekten. Dazu gehört die Überwachung des Projektfortschrittes (Leistungserstellung), die kontinuierliche Überwachung von Terminen sowie Kosten, aber auch die Steuerung von Aufgaben und die Förderung der Kooperation von Beteiligten (vgl. [Ziel95], S. 164 f. und [Koli01], S. 212). Somit sind auch beim Projektcontrolling die Aufgaben der Planung, der Steuerung und Kontrolle gegeben (vgl. [Wolf01], S. 341).

Die Methoden des Projektcontrollings sind umfangreich. So eignen sich konkret die Methoden aus Kapitel 3.2, aber auch z. B. die Projektdeckungsbeitragsrechnung, die Netzplantechnik, die Investitionsrechenverfahren und verschiedene Kreativitätstechniken (vgl. [ErHe00b], S. 77 und [Litt98], S. 72).

In großen innovativen Unternehmen beschränkt sich das Projektcontrolling nicht nur auf die Steuerung und Kontrolle von Einzelprojekten, sondern es wird zudem die Projektauswahl und Bewilligung systematisiert. Die Rede ist hier vom Multiprojektmanagement, bei dem die Priorisierung und Bewilligung von Projekten von Nutzen/Kosten-Abwägung abhängig gemacht wird (vgl. [JöLe99] S.294 f.). Neben des Nutzen/Kosten-Aspektes wird die Dringlichkeit eines Projektes auch auf Grund der strategischen Bedeutung bestimmt (vgl. [BSSc01], S. 625).

Durch den Einsatz von Softwaresystemen können Projekte computergestützt kontrolliert werden. Neben den Planungs- und Steuerungsaufgaben können hiermit auch Frühwarnsysteme realisiert werden, welche die Gefährdung des Projektes signalisieren (vgl. [SDBu01], S. 381).

3.2.5.3 Neue Entwicklungen im Controlling

Die wertorientierte Unternehmensführung stellt heute in vielen Unternehmen eine eingeführte Managementpraxis dar. Hierbei stehen nicht nur monetäre Zielgrößen, wie z. B. Umsatz oder Erfolg im Vordergrund, sondern es wird die Zufriedenheit der Anteilseigner, Mitarbeiter und der Kunden betrachtet (vgl. [Rieg01], S. 89 und [HuSc01], S. 301). Im Controlling schlägt sich diese Entwicklung hauptsächlich in zwei Ansätzen nieder.

Der **Shareholder-Value-Ansatz** setzt an der Diskrepanz an, dass der tatsächliche Wert einer Unternehmung vom Marktwert abweicht (vgl. [Jona95], S. 83). Der tatsächliche Wert einer Unternehmung wird in der hochaggregierten Kennzahl des Shareholder Values angegeben, die sich aus dem Free Cash Flow und den Barwerten des Free Cash Flow zukünftiger Perioden ermittelt (vgl. [BCGü99], S. 272 f.). Neben dem Shareholder Value werden zur Darstellung der Unternehmenssituation weitere wertorientierte Kennzahlen, wie z. B. der Cash Flow Return on Investment eingesetzt, der ein Rentabilitätsmaß für das gebundene Kapital darstellt (vgl. [WeSc01], S. 496 und [Fied01], S. 191 ff.).

Ein wichtiger weiterer Ansatz ist die **Balanced-Scorecard-Methode** (BSC), die derzeit stark diskutiert wird. Die BSC wurde von *Kaplan* und *Norton* entwickelt und hat die Zielsetzung die Unternehmensführung mit verschiedenen Kennzahlen zu versorgen (vgl. [KaNo92], S. 71). Im Gegensatz zu traditionellen Kennzahlensystemen arbeitet die

BSC vergangenheits- und zukunftsorientiert. In der BSC-Methode werden Kennzahlen verwendet, die sowohl monetären als auch nicht monetären Charakter haben können (vgl. [Ehrm00], S. 17).

Jeder Geschäftsbereich erhält eine Gruppe individueller Kennzahlen, die als BSC bezeichnet werden. Typisch für die BSC sind Kennzahlen, die den jeweiligen Erfolgstreibern einer Geschäftseinheit zugeordnet werden können. Unter einem Erfolgstreiber sind Größen zu verstehen, welche die Unternehmensziele zur Verbesserung der Wettbewerbsvorteile unterstützen.

Demnach besitzt jede Geschäftseinheit ihre eigenen Kennzahlen, die nach oben hin hierarchisch verdichtet werden. Dabei ist zu betonen, dass die Kennzahlen von unten nach oben nicht durchgängig geführt werden, wie es bei traditionellen Kennzahlensystemen der Fall ist, sondern dass die Bezeichnungen und Bedeutungen der Kennzahlen sich ändern (vgl. [WeSc00a], S. 29).

Das Kennzahlensystem in der BSC ist der operationale Kern, der die Infrastruktur für ein BSC-basiertes strategisches Managementsystem bildet. Die Auffassung der BSC als Managementsystem zur Umsetzung der strategischen Ziele ist das Hauptkriterium, das die BSC von traditionellen Kennzahlensystemen abhebt. Dies wurde ursprünglich von *Kaplan* und *Norton* explizit betont und stellt heute eine einheitliche Meinung dar (vgl. [KaNo96], S. 75 ff. und [WeSc00a], S. 45). Demnach beginnt die Entwicklung eines BSC-Systems nicht bei den Kennzahlen, sondern bedingt zunächst die strategischen Controlling-Aktivitäten der Unternehmensvision, der Leitbildentwicklung und der Strategienformulierung für eine Unternehmung. Die Kennzahlen der BSC werden somit von den Unternehmensstrategien und Zielen abgeleitet (vgl. [Ehrm00], S. 27).

Bei der Aufstellung einer BSC empfehlen *Kaplan* und *Norton* verschiedene Perspektiven einzunehmen. Die Standardsichten sind die Finanzwirtschaftliche Perspektive, die Kundenperspektive, die interne Prozessperspektive und die Lern- und Entwicklungsperspektive. Dieser sehr generalistische Ansatz verhindert, dass eine zu enge Bewertungssichtweise eingenommen wird und sorgt für eine „balancierte“ Bewertung der eingehenden Größen (vgl. [KaNo93], S. 134 ff. und [KaNo92], S. 72). Die vier skizzierten Sichtweisen sind lediglich als Anhaltspunkt vorgegeben und können auf die jeweilige Unternehmenssituation angepasst werden; so wäre z. B. eine Lieferantenperspektive

oder eine Perspektive von öffentlichen Trägern denkbar (vgl. [HoGa00], S. 24 und [Ehrm00], S. 36).

Die Unternehmensziele werden von den Perspektiven und Strategien abgeleitet. Die Ziele werden auf der jeweiligen Geschäftsbereichsebene in die BSC aufgenommen. Eine ausführliche Systematisierung der Ziele findet man bei *Ehrmann* (vgl. [Ehrm00], S. 5 ff.). Aus den Zielen werden konkrete Maßgrößen abgeleitet, die auf der BSC als Sollgröße geführt werden. Durch die Gegenüberstellung der Ist- und Sollgröße wird die Differenz deutlich, was für die betreffende Geschäftseinheit die Zielerfüllung anzeigt (vgl. [FiSc01], S. 309). Dies macht deutlich, dass es sich bei der BSC nicht nur um ein Kennzahlensystem handelt, das nach oben hin Daten kumuliert, sondern dass sie ein Instrument darstellt, welches das strategische Controlling mit dem operativen Controlling verbindet und zur gesamten Steuerung der Unternehmung dient (vgl. [Hoit00], S. 75).

Kritiker monieren, dass bei einer gewissen Anzahl von Kennzahlen (z. B. 25) das System unhandlich und schwer überschaubar wird. Dies ist sicherlich richtig, wenn die BSC als Ansammlung unabhängiger Kennzahlen angesehen wird. Sieht man die BSC jedoch als Strategieumsetzungswerkzeug und orientiert sich an den Zielen, ist die Anzahl der Kennzahlen nicht so relevant, da die Kennzahlen ein Ausdruck der klar formulierten Strategien sind (vgl. [WeSc00b], S. 10 und [WeSc00a], S. 37).

Neben der originären Aufgabe der Strategieumsetzung kann die BSC zusätzlich als Basis für ein Anreizsystem genutzt werden. So kann die Erreichung eines strategischen Zieles, das durch die Kennzahlen der BSC transparent wird, direkt mit Prämien vergütet werden. Dabei dient die Kennzahl der BSC als Bezugsgröße für die auszuschüttende Prämie (vgl. [SSVa00], S. 554). Ein solches Anreizsystem scheint zwar plausibel, jedoch fehlen heute noch fundierte empirische Befunde und Erfahrungen über die komplexen Kausalbeziehungen in einem BSC-System (vgl. [PKPf00], S. 53 und [HLMe00], S. 60).

In der originären Funktion kommt die BSC bereits in zahlreichen Unternehmen zum Einsatz. Praxisberichte hierzu findet man bei *Weber/Schäfer* (vgl. [WeSc00a], S. 81 ff.). Ein großer Nutzen wird grundsätzlich darin gesehen, dass durch die BSC die wichtige Kommunikation zwischen strategischer und operativer Planung gefördert wird. Dadurch

setzt sich strategisches Denken auf allen Ebenen durch, was für die Erreichung der strategischen Ziele äußerst dienlich ist (vgl. [Klin00], S. 71 und [WeSc00a], S. 109).

3.3 Eignung der Methoden für innovative IT-Projekte

Die oben diskutierten Nutzenbewertungsmethoden wurden generell für die Beurteilung von Informationstechnologien entwickelt. Dabei wurden verschiedene Schwerpunkte gesetzt, z. B. auf Bürokommunikation, auf Reorganisation oder auf die Beurteilung der IT-Abteilung (vgl. [RHWe96], S. 119 ff.; [Lehn95], S. 387 ff. und [PiRe87], S. 95 ff.). Im weiteren Verlauf stellt sich nun die Frage, welche Methoden zur Beurteilung von innovativen IT-Projekten geeignet sind und welche spezifischen Anforderungen an die Bewertungsmethoden gestellt werden. Um dies zu kategorisieren, müssen zunächst die entscheidenden Eigenschaften von innovativen IT-Projekten und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Bewertungsmodelle aufgestellt werden. Danach kann diskutiert werden, inwieweit bestehende Methoden sich zur Bewertung eignen bzw. wie diese modifiziert werden müssen.

Eigenschaften innovativer Technologien:

- Projekte mit innovativer Technik sind häufig generischer Art, d. h., es wird im Unternehmen eine Technik in einen Prozess eingeführt, die bislang gänzlich unbekannt war und demnach kein vorhandenes System substituiert (vgl. [Bull94], S. 35). Generische Projekte sind somit additiv zur bestehenden Technologie zu verstehen und wirken sich in der Verbesserung der Gesamtheit, z. B. durch Realisierung neuer Produkte (Produktinnovation) oder die Beschleunigung der Produktentwicklungszeit (Prozessinnovation) aus (vgl. [Bull94], S. 36). Bei generischen Projekten stellt sich somit nicht die Frage, welches System aus einer Auswahl das Beste ist, sondern ob sich die Einführung der Innovation im Gegensatz zur Nichteinführung lohnt. Die Bewertung generischer innovativer Technologien ist insofern problematisch, da durch ihren Einsatz mögliche Wirkungen, mit positiven wie auch negativen Vorzeichen, nicht voraussehbar sind. Im Gegensatz hierzu steht ein substitutiver Einsatz, bei dem eine konventionelle Technologie mit ihren bekannten Wirkungen als Referenz dienen kann.
- Die erwarteten Nutzenkriterien bei innovativen IT-Projekten sind in der Regel mehrdimensional, d. h., das Projekt induziert in das Unternehmen mehrere positive

und/oder negative Impulse, die ihrerseits Unternehmensziele fördern oder behindern. So kann die Einführung einer Innovation im Unternehmen einerseits die Qualität des Endproduktes steigern und andererseits die Durchlaufzeit erhöhen. So wird ein Ziel gestärkt, ein anderes jedoch negativ beeinflusst. Folglich muss eine in Frage kommende Bewertungsmethode auf jeden Fall mehrdimensional ausgelegt sein und eine Vielzahl von Nutzenkriterien, mit positiver und negativer Wirkungsrichtung, berücksichtigen. Da in einer mehrdimensionalen Betrachtung unterschiedliche Nutzenkriterien betrachtet werden, muss deren Relevanz auf das Endergebnis gewichtet oder in einer Prioritätenreihenfolge berücksichtigt werden (vgl. [ZSDi99], S. 52).

- Durch die Betrachtung von mehrdimensionalen Nutzenkriterien können wechselwirkende Abhängigkeiten entstehen. So kann z. B. durch die Steigerung der Qualität die Produktivität sinken, wie bereits oben skizziert. Durch die Analyse der Interdependenzen sowie deren Wirkungsstärke und -richtung muss dieser Anforderung Rechnung getragen werden. Die Interdependenzanalyse kann mit unterschiedlicher Präzision erfolgen. Hierzu kann im einfachsten Fall eine Vernetzungsmatrix eingesetzt werden oder, bei sehr komplexen Wechselbeziehungen, eine Simulation mit systemdynamischem Ansatz, bei dem insbesondere Rückkopplungseffekte betrachtet werden, erfolgen (vgl. [Boss92], S. 20 ff. und [ZSDi99], S.43 ff.).
- Eine besondere Problematik bei der Bewertung von Innovationen besteht in der Betrachtung von schwer fassbaren und qualitativen Nutzenkriterien, die nicht durch direkte Zahlungsströme erfasst werden können. Schwer fassbare Nutzenkriterien sind aber gerade bei Innovationen relevant, da hier noch keine direkten Erfahrungswerte bezüglich ihrer Nutzwirkung vorliegen (vgl. [Karg99], S. 98). Schwer fassbare Nutzenkriterien wie Imageverbesserung, Wettbewerbsvorteile oder Erschließung neuer Märkte sind nicht ausschließlich bei Innovationen vorhanden, sondern leiten sich auch aus einer möglichst breiten Sichtweise bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ab (vgl. [RHWe96], S. 119 ff.).

Anforderungen an eine Bewertungsmethode:

- Die Endergebnisse einer Nutzenanalyse ergeben sich aus einer Vielzahl von Basisdaten, die auf verschiedene Weisen gewonnen werden. Dazu zählen konkrete

Kostendaten, aber auch Werte, die durch Plausibilitätsüberlegungen und Schätzung generiert werden. Da für einen Projektentscheider weniger die Einzelheiten im Vordergrund stehen, sondern plausible Endergebnisse, muss eine Methode transparent und nachvollziehbar sein und verständliche Ergebnisse liefern. Dabei sind bei einer Ergebnispräsentation nicht die Methode, sondern die Ergebnisse, die diese liefert, relevant.

- Eine Nutzenanalyse muss ihrerseits effizient durchführbar sein. D. h., sie muss systematisch erfolgen und soll in ihrer Anwendung unkompliziert sein. Dies ist nur möglich, wenn Algorithmen definiert werden, die die Komplexität des Bewertungsverfahrens beinhalten. Dieser Anforderung kann nur Genüge getragen werden, wenn sich die Methode durch ein rechnergestütztes Werkzeug abbilden lässt (vgl. [KrBu00], S. 17).

Um die Verwendbarkeit der oben skizzierten Methoden für innovative IT-Projekte zu evaluieren, werden in Tabelle 3-12 die aufgestellten Anforderungen und die diskutierten Methoden gegenübergestellt und bewertet.

Die Verwendung der Erfolgsfaktorenanalyse scheidet für eine Einzelprojektbeurteilung aus, da diese für die Beurteilung der IT-Infrastruktur bzw. IT-Abteilung konzipiert wurde (vgl. [Hein02], S. 382). Die Erfolgsfaktorenanalyse eignet sich jedoch gut für eine generelle Schwachstellenanalyse der IT-Organisation, um Einsatzfelder innovativer Technologien zu finden. Somit ist die Erfolgsfaktorenanalyse ein hier geeignetes Instrument, Einsatzfelder für Innovationen im Unternehmen zu analysieren. Die konkreten Innovationsprojekte werden danach projektbezogen auf deren Nutzenstiftung untersucht, wozu Ansätze aus den anderen genannten Methoden dienen sollen. Hierzu könnten im einfachsten Fall, wenn tatsächlich Zahlungsströme bekannt sind, die Methoden der Investitionsrechnung eingesetzt werden.

Die erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde originär für die Beurteilung und Unterstützung von Reorganisationsprozessen entwickelt. Ihre besondere Stärke liegt in der Unterstützung und Begleitung von Arbeitsgruppen in Reorganisationsprojekten (vgl. [RHWe96], S. 128).

Sie ist dann für Innovationsprojekte relevant, wenn die Innovation sehr breitflächig eingesetzt werden soll und ein breitflächiger Effekt erwartet wird.²⁰

Tabelle 3-12: Methodenauswahl

Methode VR-Kriterium	Investitionsrechnung	Nutzwertanalyse	Nutzenanalyse	Erfolgsfaktorenanalyse	Vierstufiges Wirtschaftslichkeitsmodell	Erw. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	FAOR	Entscheidungslehre	BSC
1. Für generische Anwendung geeignet	-	-	++	-	+	+	+	o	-
2. Mehrdimensionalität	-	++	++	++	++	++	++	++	++
3. Schwer fassbare Nutzenkriterien	--	++	+	-	+	+	+	-	o
4. Projektbeurteilung	++	++	++	-	-	-	-	++	-
5. Interdependenzen	--	+	+	-	+	++	+	o	+
6. Abbildbar auf Rechnersystem	++	++	++	o	o	o	+	++	++
7. Transparenz	hoch	hoch	mäßig	mäßig	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
8. Aufwand zur Durchführung	gering	mäßig	mäßig	hoch	hoch	hoch	mäßig	mäßig	hoch

- ++ Kriterium wird direkt unterstützt von der Methode
- + Kombinationsmöglichkeit des Kriteriums mit der Methode besteht
- o Neutralität
- Kombinationsmöglichkeit des Kriteriums mit der Methode problematisch
- Kombination unmöglich

²⁰ Als Beispiel für eine tief in die Unternehmensprozesse eingreifende Innovation sei hier die Technik der sog. „Virtuellen Studios“ genannt. Bei diesen Systemen werden sämtliche Kulissen rechnerbasiert in Echtzeit simuliert. Der Moderator selber bewegt sich in einem homogen blauen Raum und wird per VR-System in die Szenerie „eingerechnet“ (vgl. [Wieg96], S. 1 ff.). Dieses Beispiel zeigt eine sehr starke Integration der VR-Technik in den Produktionsbereich - für eine solch tiefe „Reorganisation“ von Studios wäre die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ durchaus geeignet.

Aus der Übersicht wird deutlich, dass für den Einsatz in einem automatisierten Bewertungssystem insbesondere die Nutzenanalyse und die Nutzwertanalyse zur Projektanalyse geeignet sind. Sie zeichnen sich besonders dadurch aus, dass sie eine mehrdimensionale Analyse unterstützen. Insbesondere ermöglichen sie die Berücksichtigung von schwer fassbaren Nutzenkriterien. Darüber hinaus sind die Methoden für einen projektbezogenen Einsatz konzipiert und sind mit einem mäßigen Aufwand durchführbar.

Die FAOR-Methode besitzt nach Tabelle 3-12 grundsätzliche Eignung zur Beurteilung von Innovationen. Sie ist offen und versteht sich, wie oben erwähnt, als strukturierte Anleitung zur Bewertung. Sie zeichnet sich durch eine systematische Vorgehensweise aus und lässt sich strukturell auf einem PC abbilden.

Die Methoden der Entscheidungslehre sind durch eine breite wissenschaftliche Basis fundiert. Durch die Berücksichtigung multikriterieller Ziele und durch Projektbezogenheit ist eine Eignung für die Bewertung von IT-Innovationen gegeben. Im Fokus der Entscheidungslehre steht jedoch nicht die Betrachtung von komplexen Nutzenkriterien, sondern vornehmlich die Entscheidung für eine Alternative aus mehreren. Eine Nutzenanalyse im engeren Sinne ist nicht Bestandteil der Entscheidungslehre. Der Nutzen wird in der Theorie in Nutzenfunktionen gefasst bzw. durch Maximierung und Minimierung von Erwartungswerten ausgedrückt.

Ein Balanced-Scorecard-System hat zur Aufgabe die Erreichung von Unternehmenszielen zu unterstützen. Besonders die Mehrdimensionalität ist in der BSC deutlich ausgeprägt, was die Verfolgung mehrerer Ziele unterstützt. Die Nutzenbetrachtung erfolgt bei der BSC dadurch, dass Ist- und Sollzielgrößen verglichen werden. Die Zielabweichung ist Auslöser für gegensteuernde Aktivitäten im jeweiligen Geschäftsfeld. Somit ist im Sinne dieser Arbeit die BSC kein Verfahren zur Nutzenbewertung von geplanten IT-Systemen, sondern ein kybernetisches Controlling-Instrument für den breiten Einsatz im Unternehmen.

Das vierstufige Vorgehensmodell nach *Picot/Reichwald* war als eine der ersten Methoden ebenenorientiert und lässt mehrere Blickwinkel auf das Analyseobjekt zu. Nach der obigen Einschätzung scheint auch diese Methode bedingt geeignet, als Leitlinie in einem automatisierten Bewertungssystem zu dienen. Die Vorgehensweise könnte als

äußerer Rahmen zur Bewertung einer Innovation verwendet werden, wohingegen sie jedoch schwer zu automatisieren ist.

Die zur Verfügung stehenden Bewertungsmethoden sind, wie gezeigt, für die Bewertung von Innovationen teilweise geeignet (siehe Tabelle 3-12). Sie setzen jedoch partiell an Teilproblemen auf und analysieren diese unabhängig voneinander. So sind sie geeignet, einzelne Projekte und Projektalternativen zu bewerten oder generalistische Aussagen zu treffen. Der interdisziplinäre Charakter der Methoden fehlt, was sich dadurch äußert, dass die Bewertungen in der Praxis mit isolierten einfachen Methoden der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt werden (vgl. [Bull94], S. 58 und [HLPS91], S. 127 ff.). Was insgesamt fehlt, ist ein integriertes Vorgehensmodell, mit dem Innovationen, beginnend von ihrem Planungsansatz, analysiert und bewertet werden können.

Obwohl die Nutzenanalyse und die Nutzwertanalyse in der Praxis konkret eingesetzt werden und grundsätzlich zur Innovationsbewertung geeignet scheinen (vgl. [BHBi96], S. 105), führen sie vage Größen auf, ohne diese jedoch als unscharfe Werte ausreichend abzubilden. Der Grad der Vagheit wird in ihnen lediglich als Gewicht und Note bzw. Prioritätenreihenfolge berücksichtigt. So werden auch schwer fassbare Größen mit konkreten Geld- oder Punktwerten besetzt, was nach außen hin eine nichtvorhandene Genauigkeit der Methode suggeriert. Diese Scheingenauigkeit führt u. U. zu einer möglichen Nichtakzeptanz der Methode bei Entscheidungsträgern.

Durch die Struktur und Terminologie der Methoden sind sie in ihrer Anwendung unständig und in ihren Ergebnissen stark erläuterungsbedürftig. Dies ist insbesondere für eine plausible Ergebnispräsentation, bei der Entscheidungsträger prägnante Informationen fordern, problematisch. Vor diesem Hintergrund wird ein Vorgehensmodell zur Bewertung von IT-Innovationen gefordert, das folgende Eigenschaften besitzt:

- Durchgängige Analyse

Das Vorgehensmodell soll einen Analysten beginnend bei der Chancenfindung für Innovationen bis zur Projektdefinition und Projektbewertung begleiten. Einen Ansatzpunkt zur Chancenfindung für Innovationen stellt eine Analyse der Verfahrensschwächen dar (vgl. [MiWe90], S. 65). Für diesen Zweck eignet sich die Erfolgsfaktorenanalyse, die in das Vorgehensmodell übernommen wird. Die Bewertung der IT-Innovationen, welche die aufgedeckten Verfahrensschwächen eliminieren, wer-

den durch ein Nutzenkalkül bewertet. Aufbauend auf dem Grundmodell der Nutzenanalyse wird ein fuzzybasiertes Bewertungssystem entwickelt, das vagen Nutzengrößen durch Unschärfe und Regelbasen begegnet.

- Interdependenzen

Die Wirkungsinterdependenzen zwischen Nutzengrößen sollen ermittelt werden und deren Wirkungsrichtung und -stärke in die Nutzenanalyse einfließen (vgl. [ZSDi99], S. 47).

- Berücksichtigung vager Größen

Die Analyse von Innovationen bedarf der Erfassung von schwer fassbaren und qualitativen Nutzengrößen (vgl. [Hube99], S. 109). Zur Repräsentation der Vagheit soll ein fuzzybasierter Ansatz zur Nutzenbewertung entwickelt werden.

- Prägnante Ergebnisdarstellung und Anwenderfreundlichkeit

Um den Analyseprozess als solchen effizient zu gestalten, muss das Vorgehensmodell anwenderfreundlich sein und einen möglichst geringen Bearbeitungsaufwand erfordern (vgl. [PlSa96], S. 170). Dies wird einerseits durch eine Automatisierung und andererseits durch den Einsatz von Regelbasen, durch die das Expertenwissen in der Methode repräsentiert wird, erreicht.

Da sämtliche hier skizzierten Verfahren auf der Basis von scharfen Angaben basieren und vage Nutzengrößen nur durch Kategorien berücksichtigen, wird im späteren Vorgehensmodell diese Methodenschwäche durch eine fuzzybasierte Bewertungsmethode beseitigt. Die in der Regelungstechnik populäre Fuzzy-Technik ist hierzu besonders geeignet, da mit ihr unscharfe Größen abgebildet werden können. Um den Einsatz der Fuzzy-Logik im Beratersystem vorzubereiten, wird im folgenden Kapitel 4 in die Grundlagen der Fuzzy-Logik eingeführt. Danach werden die entsprechenden fuzzybasierten Bewertungsmethoden in Kapitel 5 entwickelt und dargestellt.

4 Fuzzy-Systeme

Die Basis zur heutigen Fuzzy-Set-Theorie wurde im Jahre 1965 von *Zadeh* begründet, der in seiner Arbeit präzise vorliegende Eingangsgrößen durch vage definierte Begriffe, die in der Umgangssprache benutzt werden, beschreibt. Er setzt hierzu die sog. linguistischen Variablen ein, die aufbauend auf einer konkreten Zugehörigkeitsfunktion verbal sehr vage definierte Begriffe konkreten Zahlenwerten zuordnen (vgl. [Both95], S. 1). Dabei verläuft der Datenfluss in Fuzzy-Systemen prinzipiell nach dem Schema gemäß Abb. 4-1.



Abbildung 4-1: Datenfluss in Fuzzy-Systemen (aus [Drec96], S. 83)

Als Eingangsgrößen in Fuzzy-Systeme dienen scharfe gemessene oder beobachtete Zahlenwerte. Die Größen werden je nach Anwendungsbereich in technischen oder ökonomischen Einheiten angegeben. Die konkret vorliegenden scharfen Eingangsgrößen werden fuzzifiziert, d. h. sie werden über eine Funktion zu gewissen Anteilen verbalen Begriffen zugeordnet. Die fuzzifizierten Größen sind die Grundlage für die Inferenzmaschine, die anhand einer Regelbasis eine Ergebnisfunktion produziert. Die Ergebnisfunktion, die ihrerseits fuzzifiziert vorliegt, wird durch entsprechende Methoden in eine

konkrete Ausgangsgröße transformiert, die dann als scharfer Zahlenwert in nachgeschaltete technische oder ökonomische Prozesse einfließt. Beeinflusst diese Ausgangsgröße im gleichen Block wiederum die Eingangsgröße, so liegt ein Fuzzy-Regelkreis vor (siehe Abb. 4-1).

Die Grundidee der Fuzzy-Systeme basiert somit auf folgendem Vorgehensmodell:

- Unschärfezeichen einer oder mehrerer konkreter Größen.
- Bewertung dieser unscharfen Größen durch eine unscharfe Regelbasis, die aufgrund von Expertenwissen generiert wurde. Dabei ist diese unscharfe Bewertung der gravierende Unterschied zu „präzisen Bewertungssystemen“, bei denen versucht wird, die Realität möglichst authentisch in komplexe Gleichungssysteme zu fassen. Dieses „Ignorieren“ von Details macht die Fuzzy-Systeme zu sehr schnellen, einfachen und damit effizienten Entscheidungssystemen.
- Scharfzeichnen des unscharfen Ergebnisses.

4.1 Kategorien von Fuzzy-Anwendungen

Die hohe Effizienz und die unkomplizierte Implementierung von Fuzzy-Systemen führten in der Praxis zu einer hohen Akzeptanz. Dabei unterscheidet *Zimmermann* funktionsbezogen die Anwendungskategorien:

- Expertensysteme
- Fuzzy Control
- Fuzzy Datenanalyse
- und Entscheidungsunterstützungssysteme (vgl. [Zimm95], S. 10 ff.)

Unter Expertensystemen werden hier Systeme verstanden die, unter Verwendung einer Wissensbasis, eine Schlussfolgerung auf getätigte Eingaben ziehen. Hierbei ist das Expertensystem immer auf ein spezifisches Anwendungsgebiet beschränkt. Der Schwerpunkt des Einsatzes von Fuzzy-Systemen liegt in der systematischen Umsetzung und Interpretation der Expertenregeln, die in der Form von WENN-DANN-Regeln vorliegen (vgl. [Zimm95], S. 11 und [Both95], S. 115). Der Einsatz von Fuzzy-Systemen in der Regelungstechnik (Fuzzy Control) zählt zu den typischen Anwendungen. Auch hier macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass die eigentlich sehr komplexen Regelungs-

algorithmen durch einen einfachen Block von Regeln, die durch Beobachtung oder Determinismus aufgestellt wurden, substituiert werden.

Bei diesen Anwendungen haben die erzeugten Ausgangsdaten direkten Einfluss auf die Eingangsgrößen, was für Regelkreise typisch ist (vgl. [Zimm95], S. 15 und [Schu93], S. 90 ff.). In den Anwendungsfeldern der Datenanalyse werden Fuzzy-Systeme in der Regel auf bewährte mathematische Methoden²¹ aufgesetzt und zur Aggregation von aussagekräftigen Kennzahlen eingesetzt (vgl. [Zimm95], S. 17). Die vierte Kategorie für den Einsatz von Fuzzy-Systemen sind die Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS). Hier werden Fuzzy-Sets genutzt, um z. B. Optimierungsrechnungen (lineare Programmierung) unscharf zu zeichnen (vgl. [Popp94], S. 209 und [Zimm95], S.18).

Zahlreiche Anwendungsbeispiele von Fuzzy-Systemen aus der Technik findet man z. B. bei *Tilli*. Er beschreibt in [Till92] Anwendungen aus der Prozessregelung, der Fahrzeugtechnik, der Robotertechnik und aus dem Konsumartikelbereich (vgl. [Till92], S. 199 ff.). Ebenfalls technische Beispiele aus der Prozessautomation findet man bei *Rzehak* aus dem Bereich der Antriebsregelung, der Temperaturregelung sowie aus dem Bereich der Kombination von Fuzzy-Systemen mit neuronalen Netzen (vgl. [Rzeh96], S. 107 ff.; zum Thema Neuronale Netze und Fuzzy siehe [Sera94]). Im Bereich der Geographie setzt *Mandl* z. B. die Technik in Informationssystemen für die Raumplanung ein und verwendet sie dort zur Entscheidungsmodellierung (vgl. [Mand94], S. 1 ff.). Aus dem Gebiet der Ökonomie finden sich Beispiele zur fuzzybasierten Raumplanung bei *Reinberger*, der die Bewertungskriterien bei einer Nutzwertanalyse durch unscharfe Mengen und Zugehörigkeitsfunktionen abbildet (vgl. [Rein97a], S. 11).

Typische betriebswirtschaftliche Anwendungen aus den traditionellen Funktionsbereichen der Industrie sind bei *Popp* dokumentiert, der z. B. den Einsatz von Fuzzy-Systemen im Marketing, im PPS-Sektor, im Personalwesen und im Finanzsektor diskutiert (vgl. [Popp94] S. 268 ff. und [Helf95], S. 608 ff.). Weitere betriebswirtschaftliche Fuzzy-Anwendungen beschreibt *Biethahn* u. a. in [BHKN97]. Eine umfangreiche Übersicht von „Betriebswirtschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten von Fuzzy-Konzepten“ wurde von *Erben* in [Erbe99] aufgestellt (vgl. [BHKN97] und [Erbe99] S. 1 ff.). Anwendungen aus den Bereichen der Investitionsbewertung, des Marketings, der Pro-

²¹ *Zimmermann* nennt hier exemplarisch die Diskriminanzanalyse, die Regressionsanalyse und die Clusterverfahren (vgl. [Zimm95], S. 17).

duktion werden unter anderem diskutiert bei *Forschner*, bei *Wolf*, bei *Biethahn* und bei *Urban* (vgl. [Fors96], [Wolf88], [BHKN97] und [Urba98]).

4.2 Fuzzy-Mengen

Wie bereits erwähnt, werden bei Fuzzy-Anwendungen konkrete Umweltzustände unscharf abgebildet. Dabei stellt die Unschärfe im Vergleich zu einer konkreten Zahlenangabe keinen Informationsverlust dar, sondern eine Präzisierung der möglichen Spannweite bzw. Ausprägung einer Variablen. Um nun nicht nur eine Spannweitenangabe zu machen, werden zur Modellierung von unscharfen Größen die sog. Fuzzy-Mengen oder Fuzzy-Sets verwendet (vgl. [Krus96], S. 5).

4.2.1 Zugehörigkeitsfunktionen

Eine Fuzzy-Größe wird üblicherweise durch eine Zugehörigkeitsfunktion, deren Wertebereich zwischen 0 und 1 liegt, beschrieben. Dabei bedeutet 1 volle und 0 keine Zugehörigkeit zu einem in der Funktion beschriebenen Zustand (vgl. [ABA194], S. 11 und siehe Abb. 4-2).



Abbildung 4-2: Zugehörigkeitsfunktion für die Fuzzy-Menge Erwachsene (nach [Both95], S. 7)

Die Zugehörigkeitsfunktion $\mu_E(x)$ beschreibt in Abb. 4-2 die Zugehörigkeit von Personen mit dem Alter x zu der Menge der Erwachsenen. Im Gegensatz zu einer scharfen Menge, bei der die Zugehörigkeit ab einem gewissen Alter von 0 auf 1 springt, ist der

Übergang bei einer Fuzzy-Menge fließend und richtet sich nach der zugrunde liegenden Zugehörigkeitsfunktion. So kann durchaus auch der Fall eintreten, dass ein Objekt mehreren unscharfen Mengen mit unterschiedlichen Zugehörigkeitsgraden angehört. Das Beispiel in Abbildung 4-2 zeigt, dass eine Person mit dem Alter von 17 Jahren mit 0,25 der Menge der Erwachsenen (E) angehört und mit 0,9 der Menge der Jugendlichen (J) zugeordnet wird. Eine 17-jährige Person hat an der Menge Alte (A) eine Zugehörigkeit von 0,0. Die konkreten Zugehörigkeitswerte für eine Ausprägung des x-Wertes (hier das Alter) lassen sich auch kompakt als Fuzzy-Vektor schreiben (vgl. [Urba98], S. 314).

$$\mu^{\wedge}_{Alter} = (\mu_J(17), \mu_E(17), \mu_A(17))$$

Gleichung 4-1

Konkret ergibt sich für das Beispiel einer 17-jährigen Person der Fuzzy-Vektor (0,9; 0,25; 0).

4.2.1.1 Ausprägung von Zugehörigkeitsfunktionen

Es ist evident, dass die gewählte Form einer Zugehörigkeitsfunktion für die weitere Bearbeitung der Fuzzy-Mengen und für die Bildung des Endergebnisses eine wesentliche Rolle spielt. Aus pragmatischen Gründen wird häufig eine Trapezform oder eine s-Funktion gewählt. Diese Formen lassen sich über Standardfunktionen kompakt beschreiben und problemlos in weiteren Rechnungen verwenden (vgl. [Biew97], S. 58 und S. 61). Eine Vielzahl von geeigneten Standardfunktionstypen wird von *Grauel* beschrieben, der hier auch von Mitgliedschaftsfunktionen spricht (vgl. [Grau95], S. 11 ff.). Da die Wahl der Funktionsform häufig auf Plausibilitätsüberlegungen basiert, fließt hierdurch in ein Fuzzy-System eine gewisse Subjektivität ein. Diese Subjektivität ist aber nicht gleichzusetzen mit Willkür, da sie das eigentliche abstrahierte Expertenwissen repräsentiert. Somit kann das modellierte System nur so gut sein wie der Experte, der es aufgestellt hat (vgl. [Biew97], S. 60). Zu einer empirischen Ermittlung von geeigneten Zugehörigkeitsfunktionen zitiert *Biewer* u. a. *Dubois* und *Prade* (vgl. [Biew97], S. 60). Bei *Aliev* u. a. werden Bestimmungsmethoden für Zugehörigkeitsfunktionen kategorisiert in die Methode des „Paarweisen Vergleiches“, die „Methode

unter Verwendung von statistischen Daten“, die „Methode auf Grund von Expertenbewertung“ und in den „Parametrischen Ansatz“ (vgl. [ABA194], S. 65 ff.).

4.2.1.2 Typen von Zugehörigkeitsfunktionen

Neben den kontinuierlichen Funktionsverläufen können diskrete Fuzzy-Mengen existieren. Die Darstellung an Hand einer solchen Punktmenge wird dann nötig, wenn der Eingangswert in diskreter Form vorliegt. Weiterhin können Zugehörigkeiten durch stückweise lineare nichtkonvexe Funktionen definiert sein (vgl. [KGKI95], S. 15; [Biew97], S. 61 und [Sera94], S. 117).

4.2.2 Operationen auf unscharfe Mengen

Durch die Bildung und Definition einer Zugehörigkeitsfunktion wird eine Fuzzifizierung erreicht. Müssen im Anschluss mehrere Zugehörigkeitsfunktionen aggregiert bzw. verknüpft werden, so sind die aus der „scharfen“ Mengenlehre bekannte Booleschen Operationen analog anzuwenden (vgl. [Spie93], S. 232). Tabelle 4-1 zeigt im Überblick die wichtigsten zugelassenen Operationen auf Zugehörigkeitsfunktionen (vgl. [Grau95], S. 25 ff.).

Tabelle 4-1: Operationen auf Zugehörigkeitsfunktionen (nach [Grau95], S. 25 ff.)

Funktion	Math. Beschreibung
ODER	$\mu_C(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
ODER (beschränkte Summe)	$\mu_C(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$
ODER (algebraische Summe)	$\mu_C(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) * \mu_B(x)$
UND	$\mu_C(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
UND (beschränktes Produkt)	$\mu_C(x) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1\}$
UND (algebraisches Produkt)	$\mu_C(x) = \mu_A(x) * \mu_B(x)$
Negation	$\mu_{A^C}(x) = 1 - \mu_A(x)$
Differenz	$\mu_C(x) = \mu_A(x) - \mu_B(x)$

Eine weitere häufig benötigte Operation auf eine Zugehörigkeitsfunktion ist die Normierung. Sie bewirkt, dass die Funktion immer im Wertebereich von 0 bis 1 verläuft. Eine Normierung erfolgt durch eine Division mit dem maximalen Wert von μ (siehe Gleichung 4-2).

$$\mu_A(x) = \mu_A(x) / \max\{\mu_A(x)\}$$

Gleichung 4-2

4.2.3 Unscharfe Zahlen

Eine unscharfe Zahl wird als Untermenge einer normalisierten unscharfen Menge definiert mit den Eigenschaften, dass die Menge konvex ist und genau ein x existiert mit $\mu(x) = 1$. Basiert die unscharfe Menge auf einer abzählbaren Grundmenge wird sie als diskrete unscharfe Zahl bezeichnet. Abb. 4-3 zeigt nur eine unscharfe Zahl A mit der linguistischen Aussage „ungefähr 3“, C und B sind keine unscharfen Zahlen, da C nicht konvex ist und da bei B mehrere x existieren mit $\mu(x)=1$ (vgl. [Both95], S. 60).

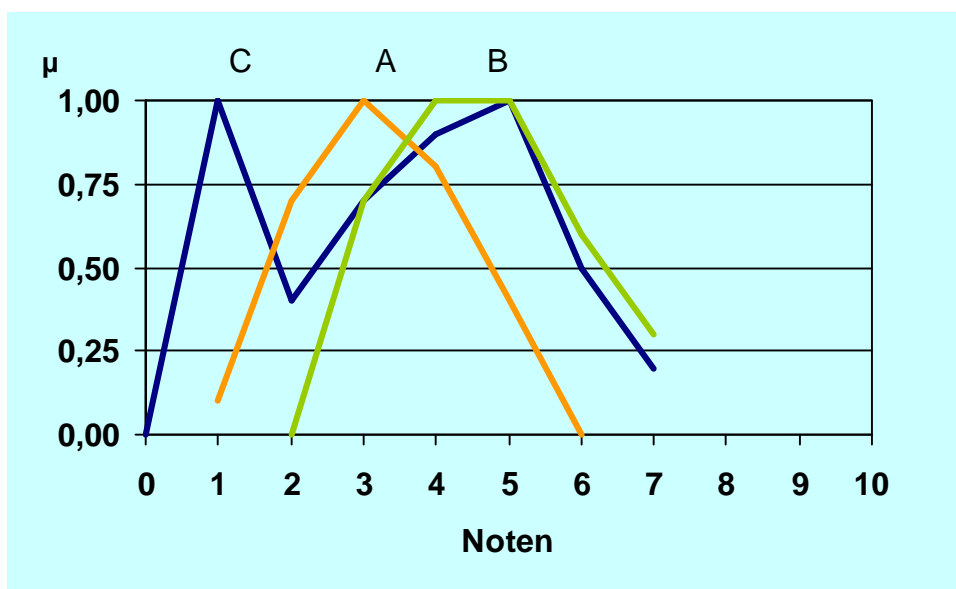


Abbildung 4-3: Beispiel für unscharfe Mengen und Zahlen (aus [Both95], S. 60)

Um mit unscharfen Zahlen rechnen zu können, wird das sog. Erweiterungsprinzip herangezogen (vgl. [Both95], S. 61). Durch das Erweiterungsprinzip wird es möglich scharfe mit unscharfen Zahlen zu verknüpfen. Ein Beispiel hierzu liefert *Biewer*, er

stellt die Frage: Wie alt ist ein Tier, das heute auf „ungefähr 3 Jahre“ geschätzt wird, in 5 Jahren? Zur Beantwortung dieser Frage wird die diskrete Funktion „ungefähr 3 Jahre“ punktuell mit 5 addiert. Das Ergebnis ergibt sich gemäß Abb. 4-4 (vgl. [Biew97], S. 128).

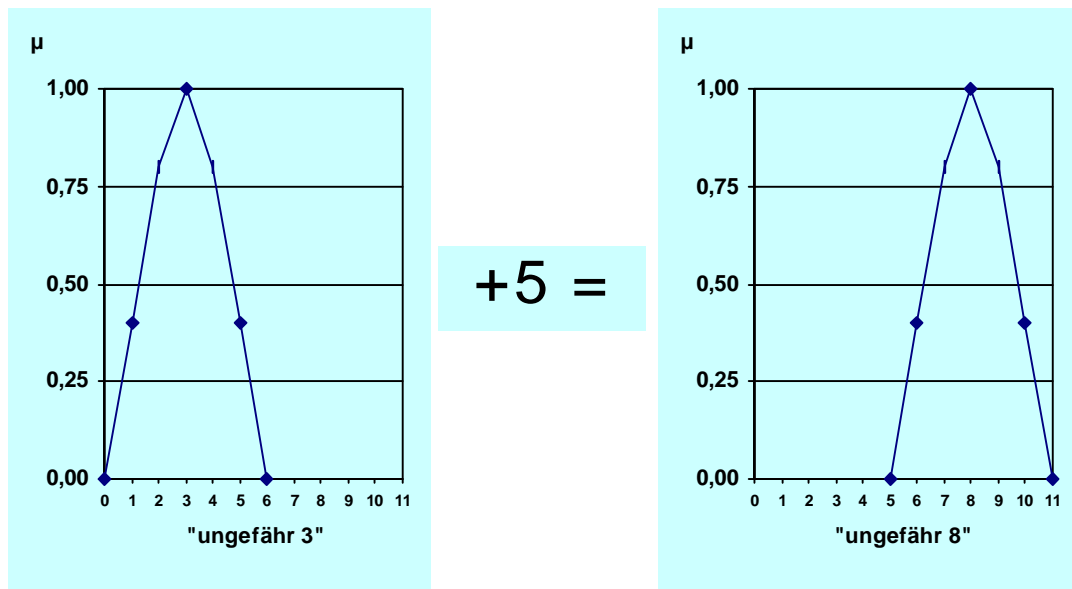


Abbildung 4-4: Addition einer unscharfen Zahl mit einem diskreten Wert (aus [Biew97], S. 129)

Somit ergibt sich als Ergebnis eine unscharfe Zahl, die als „ungefähr 8 Jahre“ bezeichnet werden kann.

Sollen mehrere unscharfe Zahlen mathematisch verknüpft werden, so liefert auch hierzu das Erweiterungsprinzip eine Lösung. Bei *Biewer* werden ausführlich die erweiterten arithmetischen Grundoperationen auf unscharfe Zahlen diskutiert. Er gibt eine umfassende Formelaufstellung für unäre Operationen, Grundrechenoperationen, Logarithmenfunktionen und Max/Min-Funktionen für unscharfe Zahlen (siehe hierzu [Biew97], S. 138-139 und S. 145). Exemplarisch seien in Tabelle 4-2 die „effizienten“ Formeln für Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division aufgelistet. Diese effizienten Formeln stellen Varianten der „exakten“ Formeln dar und haben den entscheidenden Vorteil, dass sie in der Berechnung unvergleichlich einfacher sind. Dabei liefern die Formeln für Addition und Subtraktion auch in der effizienten Variante exakte Lösungen – für Division und Multiplikation liefern die angegebenen Formeln akzeptable Näherungs-

werte (vgl. [Biew97], S. 144). Die zu verknüpfenden unscharfen Zahlen A_{LR} und B_{LR} werden jeweils durch einen dreistelligen Zahlenvektor (m, α, β) bzw. (n, γ, δ) mit Bedeutung gemäß Abb. 4-5 beschrieben.

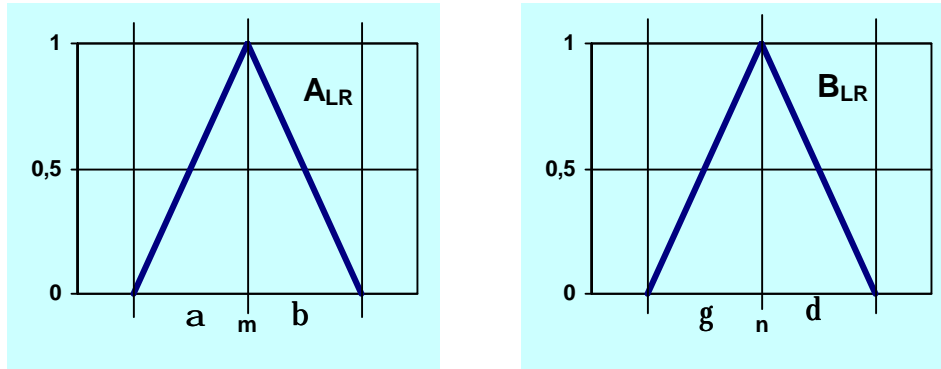


Abbildung 4-5: Definition der unscharfen Zahlen A_{LR} und B_{LR}

Tabelle 4-2: Unschärfe Rechenoperationen (aus [Biew97] S. 145)

Operation	Gleichung
Addition	$A_{LR} + B_{LR} = (m+n, \alpha+\beta, \gamma+\delta)_{LR}$
Subtraktion	$A_{LR} - B_{LR} = (m-n, \alpha-\beta, \gamma-\delta)_{LR}$
Multiplikation für $A > 0, B > 0$	$A_{LR} * B_{LR} = (mn, n\alpha+m\gamma, n\beta+m\delta)_{LR}$
Division für $A > 0, B > 0$	$A_{LR} / B_{LR} = (m/n, n\alpha+m\gamma/n^2, n\beta+m\delta/n^2)_{LR}$

Die arithmetische Verknüpfung solcher unscharfer Zahlen erfolgt gemäß Tabelle 4-2.

4.3 Linguistische Variablen und Fuzzifizierung

Ein besonderes Merkmal von fuzzybasierten Systemen ist die Behandlung von Unschärfe und die hiermit einhergehende verbale Beschreibung von Zuständen. So wurden in Abb. 4-2, z. B. Personen als „Jugendliche“, „Erwachsene“ und „Alte“ beschrieben. Diese unscharfen Mengen werden in fuzzybasierten Systemen benutzt, um auf einer aggregierten Ebene (Inferenzmaschine) durch Verwendung einer Regelbasis Ergebnisse zu determinieren. Die Regelbasis ist aufgebaut aus verbal vorliegenden Regeln der

Form WENN-Bedingung - DANN-Folgerung (vgl. [KKWe96], S. 101 und [Krei97], S. 84).

Da die Bedingungen und Folgerungen in der Regelbasis verbalisiert sind, muss hier mit verbalisierten Variablen, den sog. linguistischen Variablen, gearbeitet werden. Ein Ansatz hierzu ist die unscharfe Menge, die jedoch nur einen Term einer linguistischen Variablen ausdrückt. Eine linguistische Variable zeichnet sich durch ihren Bezeichner, durch ihre möglichen linguistischen Terme, durch ihre Grundmenge und durch die jeweiligen Zugehörigkeitsfunktionen aus (vgl. [BaGo93], S. 104). Im Beispiel gemäß Abb. 4-6 würde eine linguistische Variable „Altersstruktur“ mit den linguistischen Termen „Jugendliche“, „Erwachsene“ und „Alte“ vorliegen.

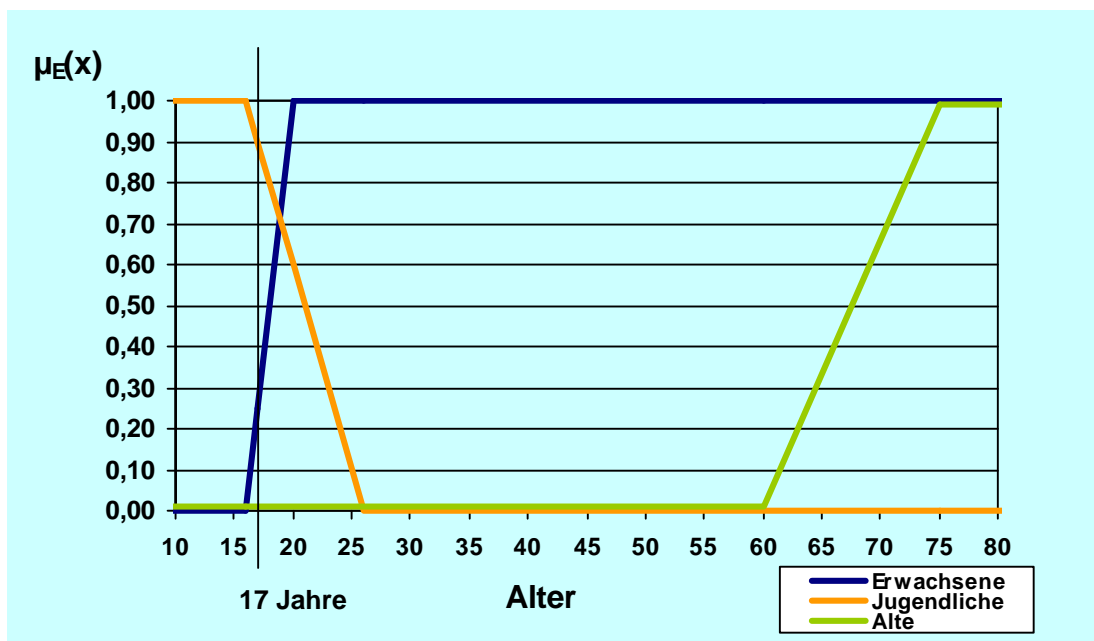


Abbildung 4-6: Linguistische Variable „Altersstruktur“ als Trapezfunktion

Dabei liegt in praktischen Anwendungen die Anzahl der Terme häufig zwischen 3 und 7 (vgl. [Altr95], S. 153). Die Zugehörigkeitsfunktionen, die hier grafisch dargestellt sind, könnten auch in mathematischer Funktionsschreibweise formuliert werden. Die z. B. häufig benutzte Trapezfunktion, die auch als LR-Intervall bezeichnet wird, lässt sich kompakt durch $A=(m_1, m_2, \alpha, \beta)$ beschreiben (vgl. [Biew97], S. 136 und Abb. 4-7).

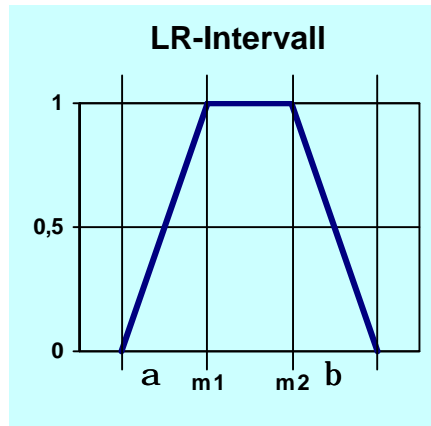


Abbildung 4-7: LR-Intervall – Trapezfunktion

Die Grundmenge einer linguistischen Variablen wird durch den zu beschreibenden Eingangswert, der in die Variable eingeht, festgelegt. Im Beispiel würde ein konkretes Lebensalter in die Variable eingehen (z. B. 17 Jahre). Die Grundmenge wäre demnach alle möglichen Ausprägungen eines menschlichen Lebensalters und könnte durch Plausibilitätsüberlegung von 0 bis 100 Jahre festgelegt worden sein. Eine mathematisch präzise Definition der linguistischen Variable findet man u. a. bei *Bothe* sowie bei *Zimmermann* (vgl. [Both95], S. 85 ff. und [Zimm91], S. 132).

Für den weiteren Einsatz von linguistischen Variablen in Fuzzy-Systemen lässt sich Folgendes festhalten. Ein diskreter Eingangswert, der in ein Fuzzy-System einfließt, wird über seine zugehörige linguistische Variable fuzzifiziert, d. h., seine konkrete reale Ausprägung ist für die weitere Ergebnisbestimmung nicht mehr relevant, sondern lediglich seine Ausprägung in der linguistischen Form. Üblicherweise wird diese Größe dann als Fuzzy-Vektor geführt. Im Beispiel würde der Eingangswert 17 Jahre zum Fuzzy-Vektor $(0,9; 0,25; 0)$ führen (siehe Abb. 4-6). Dieser Fuzzy-Vektor ist dann die Grundlage für die Inferenzmaschine, die ein fuzzifiziertes Ergebnis ermittelt (vgl. [KaFr93], S. 54).

4.4 Regelbasis und Inferenzmaschine

Ein qualitativ vorliegendes Expertenwissen wird in der Inferenzkomponente eines Fuzzy-Systems repräsentiert. Es ermöglicht das regelbasierte Schließen auf der Basis unscharfer Aussagen, die durch Fuzzy-Mengen beschrieben sind (vgl. [KKWE96], S. 106). Dabei greift diese funktionale Komponente auf eine Regelbasis zurück und

wendet die einfließenden Zugehörigkeitsgrößen, die oben in Form eines Fuzzy-Vektors geschrieben wurden, auf diese Regeln an. Als Ergebnis der Inferenz wird eine Fuzzy-Menge generiert, über die letztendlich durch Defuzzifizierung ein diskretes Endergebnis bestimmt werden kann. Der Inferenzblock lässt sich nach *Drechsel* in die drei Schritte

- Aggregation
- Implikation
- und Akkumulation

gliedern (vgl. [Drec96], S. 65 und [KKWe96], S. 107). Zur weiteren Erläuterung der Funktionsschritte und der Basisoperationen im Inferenzblock wird folgendes Beispiel in vereinfachter Anlehnung an *Vojdani* und *Lazar* benutzt (vgl. [VoLa97], S. 236).

Beispiel:

In einem fiktiven Unternehmen soll die Standortentscheidung für ein neues Verteilzentrum anhand zweier Kriterien entschieden werden. Die Kriterien sind die „Autobahnanbindung“ und der „Grundstückspreis“. Die Autobahnanbindung wird als Entfernung in Kilometern und der Grundstückspreis als DM-Betrag pro Quadratmeter in das Entscheidungssystem einfließen. Zu diesen diskreten Eingangswerten werden die linguistischen Variablen „Autobahn“, mit den linguistischen Termen „gut“, „mittel“ und „schlecht“, sowie „Preis“, mit den linguistischen Termen „günstig“ und „teuer“, aufgestellt. Die entsprechenden Zugehörigkeitsfunktionen ergeben sich gemäß Abb. 4-8.

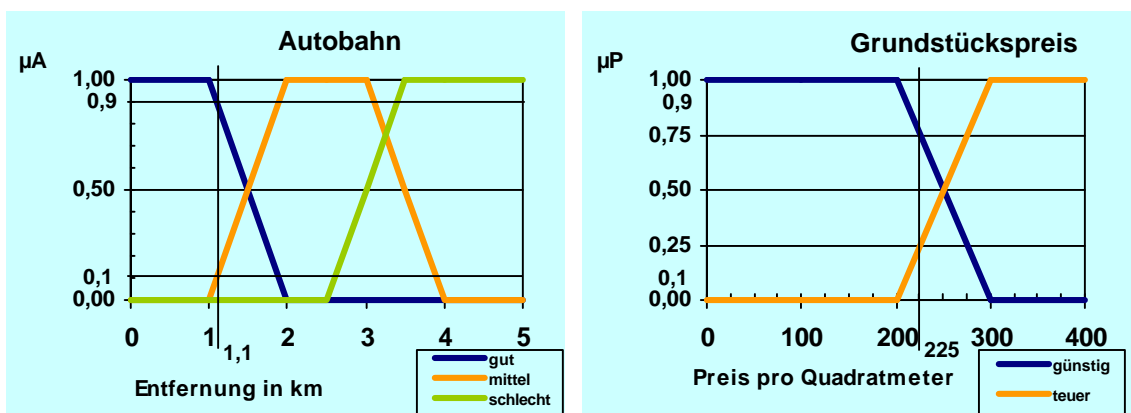


Abbildung 4-8: Linguistische Variablen „Autobahn“ und „Preis“

Als Ergebnis soll eine Note zwischen 1 und 6 gebildet werden, anhand derer später über die Vorteilhaftigkeit eines Bauplatzes entschieden werden kann. Zur Ergebnisbildung wird die linguistische Variable „Bewertung“ mit den Termen „sehr gut“, „mittel“ und „schlecht“ und der Basismenge von 1 bis 6 aufgestellt (siehe Abb. 4-9).

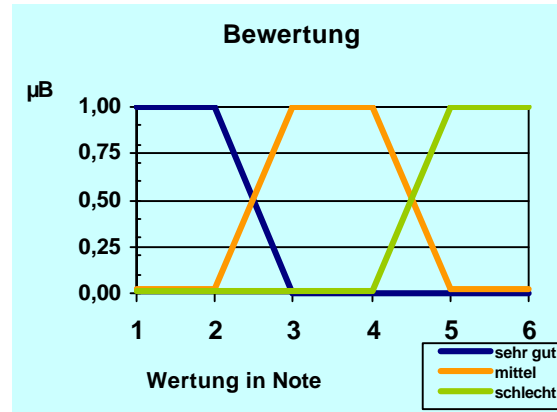


Abbildung 4-9: Linguistische Variable „Bewertung“

4.4.1 Aggregation

Der erste Schritt in der Inferenzbearbeitung ist die Aggregation (vgl. [Drec96], S. 66). Die Aggregation basiert auf einem Regelblock, der üblicherweise in linguistischer Form aufgestellt wird. Er beschreibt in verbalisierter Form, wie aus den eingehenden linguistischen Größen das linguistische Ergebnis abgeleitet wird. Die Regeln werden in der Form WENN-Bedingung – DANN-Folgerung aufgestellt. Dabei können zum Aufbau der Bedingung die üblichen logischen Operatoren wie UND sowie ODER eingesetzt werden (vgl. [Trae94], S.89). Für das Beispiel wird auf Grund des Expertenwissens folgende Regelbasis gemäß Tabelle 4-3 definiert.

Es fällt auf, dass bereits bei diesem kleinen Beispiel eine Regelbasis mit 6 Regeln entsteht. Der Umfang der Regelbasis kann in praktischen Fällen problematisch werden, da die Aufstellung (Systementwicklung) und die spätere Abarbeitung (Rechenzeit und Speicherbelastung) einen erheblichen Aufwand darstellen. Eine möglichst kompakte Regelbasis erhält man durch eine angemessene Wahl der Eingangsgrößen, durch eine mögliche Zusammenfassung von mehreren Regeln und durch eine Aufspaltung des Problems in Teilprozesse (vgl. [Stri96], S. 44).

Tabelle 4-3: Regelbasis für „Standort“ Beispiel

WENN	Bedingung UND		Folgerung DANN
Regel	„Autobahn“	„Preis“	„Bewertung“
R1	gut	günstig	sehr gut
R2	gut	teuer	mittel
R3	mittel	günstig	sehr gut
R4	mittel	teuer	mittel
R5	schlecht	günstig	mittel
R6	schlecht	teuer	schlecht

Die Aggregation im eigentlichen Sinne ist die Anwendung der einzelnen Regeln mit den konkreten Eingangswerten. Hierzu werden zunächst die relevanten Regeln ermittelt und mit diesen ein Zugehörigkeitswert für die Folgerung bestimmt. Würde im Beispiel ein Grundstück mit der Entfernung von 1,1 km und einem Quadratmeterpreis von 225,- DM angeboten werden, so ergeben sich für die Variable „Autobahn“ eine Zugehörigkeit von 0,9 zum Term „gut“ und 0,1 zum Term „mittel“.

Für die Variable „Preis“ ergibt sich eine Zugehörigkeit von 0,75 für „günstig“ und 0,25 für „teuer“ (siehe Abb. 4-8). In kürzerer Schreibweise könnte dieser Sachverhalt in den Fuzzy-Vektoren $A=(0,9; 0,1; 0)$ und $P=(0,75; 0,25)$ geschrieben werden. Für den Aggregationsschritt bedeutet das, dass die Regeln R1, R2, R3 und R4 relevant sind.

Tabelle 4-4: Aggregation für „Standort“ Beispiel

WENN	Bedingung UND		Folgerung DANN	Min	Prod
Regel	„Autobahn“	„Preis“	„Bewertung“	Aggregation	
R1	gut (0,9)	günstig (0,75)	sehr gut	0,75	0,675
R2	gut (0,9)	teuer (0,25)	mittel	0,25	0,225
R3	mittel (0,1)	günstig (0,75)	sehr gut	0,1	0,075
R4	mittel (0,1)	teuer (0,25)	mittel	0,1	0,025

Aggregation



Die Aggregation erfolgt horizontal für jede Regel einzeln. Im Falle dass ein UND-Operator vorliegt, kann entweder das Minimum der Zugehörigkeiten gebildet oder das Produkt eingesetzt werden. Die Entscheidung, ob mit Min- oder mit Prod-Verknüpfung gearbeitet wird, obliegt dem Anwender der Fuzzy-Technik. Für das Beispiel soll die Min-Regel eingesetzt werden. Im Falle einer logischen ODER-Verbindung würde mit dem Maximum gearbeitet werden (vgl. [Drec96], S. 67 und [Trae94], S. 90).

4.4.2 Implikation

Der zweite Inferenzschritt generiert für jede Regel eine unscharfe Menge. Auch bei diesem Schritt, der Implikation, können alternative Methoden eingesetzt werden. Hier soll exemplarisch mit der verbreiteten Max/Min-Methode gearbeitet werden (vgl. [Frie97], S. 255). Durch die Regeln R1 und R3 wurde das Ergebnis mit 0,75 und 0,1 zu „sehr gut“ und durch Regel 2 und Regel 4 mit 0,1 und 0,25 zu „mittel“ bewertet. Grafisch werden die Terme an den jeweiligen Zugehörigkeitswerten beschnitten (clipping), was einem Minimum entspricht (siehe. Abbildung 4-10 und vgl. [Trae94], S. 94). Es entstehen demnach die vier markierten Flächen in der Ergebnismenge (siehe Abb. 4-10).

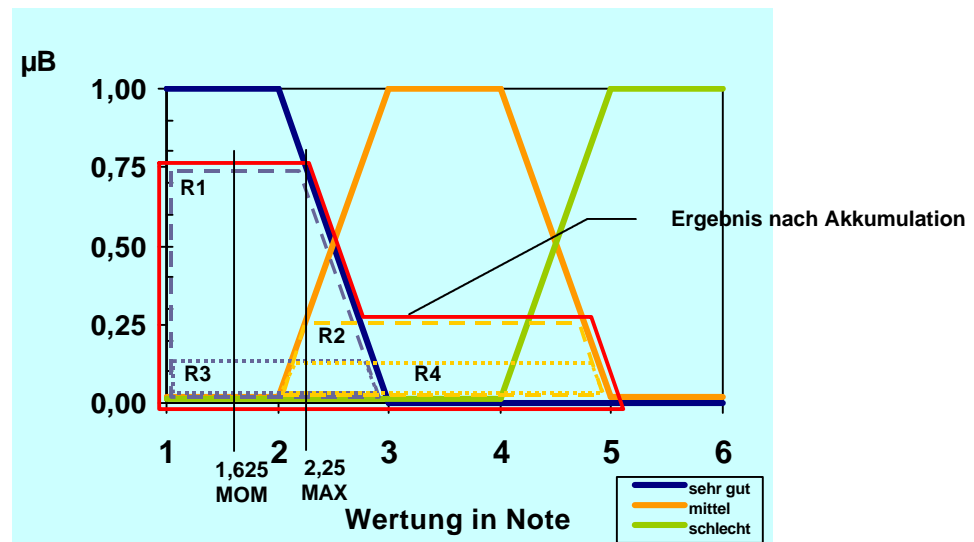


Abbildung 4-10: Implikation und Akkumulation

Eine weitere übliche Implikationsmethode ist das Max/Prod-Verfahren, bei dem zunächst nicht das Minimum, sondern das Produkt gebildet wird (vgl. [Trae94], S. 96). Analog zum Max/Min-Verfahren entsteht auch hier für jede Regel eine Fläche, die jedoch aufgrund der Produktbildung eine etwas andere Form aufweist (vgl. [Stri96], S. 52).

4.4.3 Akkumulation

Der letzte Schritt in der Inferenz ist die Akkumulation. Bei der Akkumulation werden die in der Implikation aufgestellten Flächen zu einer Ergebnisfläche zusammengefasst. Um diese Teilergebnisse zu akkumulieren, wird häufig der Max-Operator verwendet. Ist hier die Rede von einer Max/Prod- oder Max/Min-Methode, so wurden die Implikations- und die Akkumulationsmethode zusammengefasst (vgl. [Schu93], S. 77). Dabei steht der erste Operator für die Akkumulation (z. B. Max) und der zweite Operator für die Implikation (z. B. Min) (vgl. [Stri96], S. 52). Grafisch ergibt sich bei der Akkumulation unter Verwendung des Max-Operators die in Abbildung 4-10 skizzierte Ergebnisfläche. Aus dieser Fläche kann durch diverse Defuzzifizierungsmethoden ein letztendlicher konkreter Wert gewonnen werden. Im Beispiel wäre das eine Note. In technischen Regelkreisen werden jedoch aus dieser Ergebnisfläche konkrete Stellgrößen ermittelt, die u. U. auf das Eingangssignal zurückgekoppelt werden (vgl. [ABA194], S. 208 ff.).

4.5 Defuzzifizierung

Durch die oben skizzierte Akkumulation wird das fuzzifizierte Ergebnis, das hier in Form einer Fläche vorliegt, bestimmt (siehe Abb. 4-10). Um in praktischen Anwendungen als Endergebnis eine diskrete Größe zu erhalten, werden diverse Defuzzifizierungsmethoden eingesetzt. Wie auch an anderen Stellen der Fuzzy-Technik können diese Verfahren alternativ ohne nähere Begründung verwendet werden. *Drechsel* nennt zur Defuzzifizierung von Flächen die Methoden

- Maximum-Methode – MAX
- Mittelwert der Maxima -MOM
- Flächenschwerpunkt - COA
- und Massenschwerpunkt – COG (vgl. [Drec96], S. 72 f.).

Maximum-Methode – MAX

Bei der Maximum-Methode wird ein beliebiges x , falls mehr als ein Wert vorliegt, aus der maximalen Zugehörigkeit ausgewählt. Im Beispiel könnte hier ein beliebiger Wert für die Ergebnisnote zwischen 1 und 2 eingesetzt werden. Um dem Regler einen deterministischen Charakter zu geben, kann für solche Fälle auch das Maximum-rechts oder -links festgelegt werden (vgl. [Drec96], S. 73). Nach der Maximum-rechts-Methode würde im Beispiel die Defuzzifizierung den Wert 2,25 für die Note liefern. Eine Variante der Maximum-Methode ist die Mittelwertbildung im Maximum, die sog. „Mean of Maxima“ (MOM) Methode. Bei diesem Verfahren würde über die Menge der Maximumergebnisse der Mittelwert gebildet werden, was im Beispiel zur Endnote 1,625 führen würde (vgl. [Trae94], S. 104).

Flächenschwerpunkt (Center of Area - COA)

Bei der sehr verbreiteten COA-Methode wird der Schwerpunkt der Ergebnisfläche als Kriterium zur Defuzzifizierung eingesetzt (vgl. [Sera94], S. 141). Hierbei wird nach Berechnung des Flächenschwerpunktes der Abszissenwert als Defuzzifizierungsergebnis verwendet.

Massenschwerpunkt (Center of Gravity - COG)

Ähnlich wie bei der COA-Methode wird auch bei der COG-Methode der Schwerpunkt berechnet - allerdings werden hier die Teilflächen berücksichtigt. D. h., die Defuzzifi-

zierung erfolgt vor der Akkumulation bzw. die Akkumulation und die Defuzzifizierung fallen als Arbeitsschritt zusammen (vgl. [Drec96], S. 74).

Da die Wahl der Defuzzifizierungsmethode starken Einfluss auf die Charakteristik des Verhaltens des Fuzzy-Systems hat, soll in Tabelle 4-5 eine Typisierung der Methoden nach *Altrock* erfolgen.

Tabelle 4-5: Vergleich von COA- und MOM-Methode (nach [Altr95], S.169)

	COA	MOM
Ling. Charakteristik	„bester Kompromiss“	„plausibelste Lösung“
Übereinstimmung mit Intuition	Bei variierenden und stark überlappenden Zugehörigkeitsfunktionen unplausibel	gut
Stetigkeit	Ja	Nein
Rechenaufwand	Sehr hoch	Sehr niedrig
Einsatzschwerpunkt	Regelungstechnik, Entscheidungsfällung	Mustererkennung, Entscheidungsfällung

Die linguistische Charakteristik bezeichnet, ob ein Verfahren eine eher ausgeglichene und mittelwertsbetonte oder eine auf ein Maximum gerichtete Auswahl trifft. *Altrock* unterteilt demnach in die Charakteristik des „besten Kompromisses“ und in die des „plausibelsten Resultates“ (vgl. [Altr95], S. 165). Unter Stetigkeit ist das Verhalten des Reglers bei geringfügiger Änderung einer Input-Größe zu verstehen. Können hier Sprünge im Endergebnis auftreten, so ist die Methode als nicht stetig anzusehen (vgl. [Altr95], S. 170). Die Typisierung nach Tabelle 4-5 kann somit als Auswahlhilfe für eine Defuzzifizierungsmethode dienen.

Da die Defuzzifizierung im Grunde einen nicht eindeutigen Schluss von einer Ergebnismenge auf einen konkreten Ergebniswert darstellt, ist es nicht immer sinnvoll diese durchzuführen. In vielen Fällen kann hier das Endergebnis anhand der Fuzzy-Ergebnismenge interpretiert werden (vgl. [Altr95], S. 171). Dies trifft u. a. für die unten entwickelte Fuzzy-Nutzenbewertung zu (siehe Kapitel 5). In allen Fällen, in denen die

Ausgangsgröße auf den Eingang zurück wirkt (Regelkreis), kann auf eine Defuzzifizierung nicht verzichtet werden, da sonst kein geschlossener Regelkreis vorläge.

Die hier angestellten Betrachtungen zur Fuzzy-Technologie dienen dazu, um im nächsten Teilkapitel ein unscharfes Nutzenbewertungskonzept zu entwickeln. Insbesondere der regelbasierte Ansatz ist interessant, da mit ihm ein Expertenwissen in einer Nutzenbewertung repräsentiert werden kann.

5 Entwicklung einer fuzzybasierten Nutzenbewertung

Die Motivation Fuzzy-Logik im Bereich der Nutzenbewertung zu diskutieren ergibt sich zum einen daraus, dass die scharfen Bewertungsmethoden in ihrer Suggestion einer Scheingenauigkeit kritisiert werden, die insbesondere bei schwer fassbaren Kriterien auch plausibel ist. Diesem Kritikpunkt kann durch die Verwendung von unscharfen Zahlen begegnet werden. Zum anderen ist die Fuzzy-Logik geeignet ein Expertenwissen in einer Regelbasis abzubilden. Diese Eigenschaft kann genutzt werden, um eine einfach zu benutzende Nutzenbewertungsmethode zu entwickeln, die durch das in der Regelbasis konservierte Expertenwissen eine hohe Aussagequalität besitzt.

Wie in Kapitel 4 beschrieben, lässt sich die Fuzzy-Logik insbesondere für die Ableitung von Steuerungsgrößen in Regelkreisen einsetzen. Dieses Merkmal ist für die Nutzenbewertung zwar nicht direkt übertragbar, da die Ausgangsgrößen einer Nutzenbewertung nicht als Eingangsgröße zurückgekoppelt werden, aber es lassen sich mit einer Fuzzy-Regelbasis mehrere Teilaussagen zu einer regelbegründeten Endaussage kumulieren (vgl. [VoLa97], S. 236 ff.). Dabei kann durch die Formulierung einer entsprechenden Regelbasis eine Gewichtung von Nutzengruppen und/oder -arten erfolgen (vgl. [Romm94], S. 152 ff.).

Im Folgenden sollen nun Konzepte zur fuzzybasierten Nutzenbewertung entwickelt und dargestellt werden. Da im gesamten Kontext der Arbeit die Bewertung von IT-Innovationen im Vordergrund steht, wird als Grundmodell die Nutzenanalyse eingesetzt. Die Diskussion zur prinzipiellen Eignung der Methode bei der Bewertung von IT-Innovationen wurde bereits in Kapitel 3.3 geführt. Den dort formulierten Kritikpunkten lässt sich durch den Einsatz der Fuzzy-Logik begegnen.

5.1 Einsatz unscharfer Mengen in der Nutzenanalyse

Die Nutzenanalyse nach *Nagel* basiert auf einer konkreten monetären Bewertung (vgl. [Nage90], S. 71 ff.). D. h., für jedes Nutzenkriterium muss ein präziser Geldbetrag angegeben werden, ohne dass dessen Genauigkeit oder eine mögliche Spannweite des Wertes spezifiziert wird. In der Methode der Nutzenanalyse wird zwar durch die Kategorisierung in Kat. I bis III und die Einteilung in Realisierungschancen ein gewisser Grad der Vagheit berücksichtigt, eine differenzierte Ungenauigkeitseinschätzung der monetären Nutzenwerte erfolgt jedoch nicht.

In der ursprünglichen Form der Nutzenanalyse werden somit mehr oder weniger vage Größen absolut exakt angegeben. Somit liegt es nahe einen ersten fuzzybasierten Ansatz zu entwickeln, bei dem die monetären Werte in Form von unscharfen Zahlen anstelle der präzisen geschätzten Werte repräsentiert werden. Grundlage für die Nutzenanalyse ist somit ein unscharfer Wert, der z. B. eine Charakteristik gemäß Abb. 5-1 zeigen kann. In dieser Darstellung wird der Nutzen, der hier im Beispiel aufgrund einer Unternehmens-Imageverbesserung erzeugt wird, mittels eines unscharfen Wertes dargestellt (vgl. [Both95], S. 58 ff.).

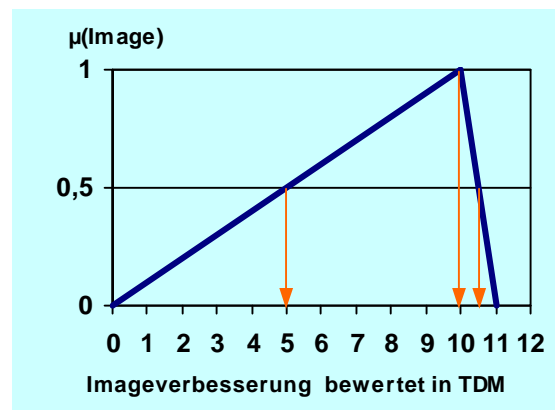
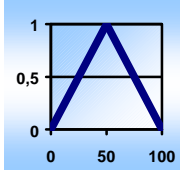
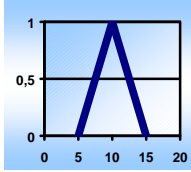


Abbildung 5-1: Imageverbesserung als unscharfe Zahl

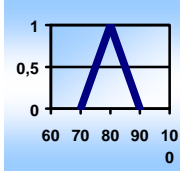
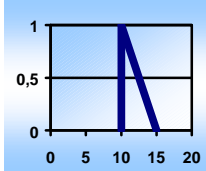
Wie auch bei der ursprünglichen Version der Nutzenanalyse erfolgt die Einschätzung in Geldeinheiten, jedoch wird bei dieser Variante eine Kennlinie geschätzt, in der unterschiedliche Ausprägungen des zu erwartenden Nutzens dargestellt werden. Im Beispiel wäre denkbar, dass der Nutzen mit einer Zugehörigkeit von $\mu(\text{Image}) = 1$ zu 10.000 DM ausfällt. Die Einschätzung sagt aber auch aus, dass der Nutzen mit einer Zugehörigkeit von $\mu(\text{Image}) = 0,5$ auch zu 5.000 DM oder zu 10.500 DM ausfallen kann. Die Vagheit der Nutzengröße wird nun durch die Form der Zugehörigkeitsfunktion und damit der Fläche, die sie überspannt, determiniert. Je konvexer und breiter die Funktion ist, desto höher ist die Vagheit der Nutzengröße. Zur Vereinfachung wird hier mit einer Dreiecksfunktion gearbeitet.

Werden die exakten Werte der Nutzenanalyse durch solche unscharfen Zahlen ersetzt, so erhält man für das hier lediglich plakativ angegebene Beispiel eine Darstellung gemäß Abb. 5-2.

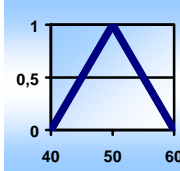
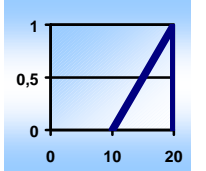
Senkung von Personalkosten

	hoch	wahrscheinlich	gering
Kat. I			keine Angaben
Kat. II			
Kat. III			

Schnellere Entwicklung

	hoch	wahrscheinlich	gering
Kat. I			
Kat. II		keine Angaben	
Kat. III			

Reduzierung von Fehlern

	hoch	wahrscheinlich	gering
Kat. I			
Kat. II		keine Angaben	
Kat. III			

Verbesserung des Images

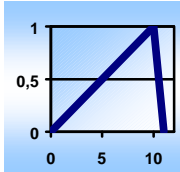
	hoch	wahrscheinlich	gering
Kat. I			
Kat. II			
Kat. III		keine Angaben	keine Angaben

Abbildung 5-2: Nutzenanalyse mit unscharfen Zahlen

Analog zur Nutzenanalyse ergeben sich neun Sektoren zu denen die jeweilig unscharf angegebenen Nutzenwerte zugeordnet werden. So wird im Beispiel für das Nutzenkriterium „Senkung von Personalkosten“ eine Einschätzung für die Kategorie I (direkter Nutzen) zu den Realisierungswahrscheinlichkeiten „hoch“ und „wahrscheinlich“ unterstellt. Für das Kriterium „Schnellere Entwicklung“ erfolgt eine Einschätzung in Kategorie II (relativer Nutzen) mit zwei unscharfen Werten für eine „hohe“ und „geringe“ Realisierungschance. Entsprechend werden die Nutzenkriterien „Reduzierung von Fehlern“ und „Verbesserung des Images“ behandelt (siehe Abb. 5-2).

In der Standardvariante der Nutzenanalyse erfolgt die Zusammenfassung der Teilnutzen durch eine numerische Addition. D. h., es wird getrennt für jeden Sektor die Summe der Nutzenwerte berechnet.

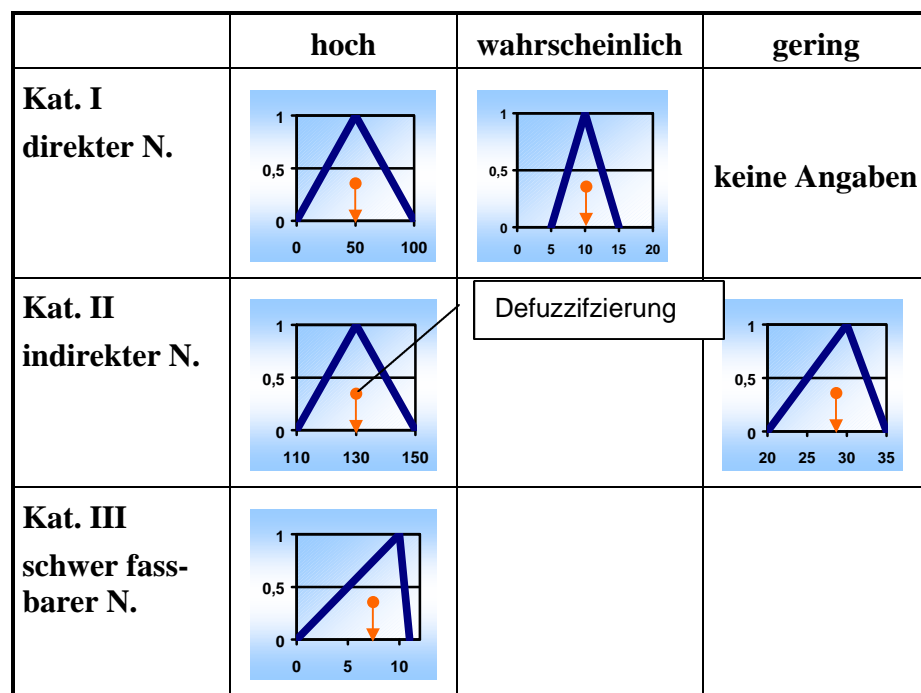


Abbildung 5-3: Kumuliert durch „unscharfe Addition“

Auch in dieser fuzzybasierten Version wird das kumulierte Zwischenergebnis so gebildet. Dies erfolgt durch eine unscharfe Addition und liefert für das Beispiel ein Ergebnis gemäß Abb. 5-3 (vgl. [Both95], S. 61 ff.).

Aus dieser zusammengefassten Übersicht wird bei der Standardvariante der Nutzenanalyse eine Kurve aufgestellt, die das Endergebnis repräsentiert. Dies ist bei der Fuzzy-Variante nicht ohne weiteres möglich, da eine unscharfe Zahl nicht als einzelner

Punkt in einer Chartgrafik dargestellt werden kann. Zur Aufbereitung des Endergebnisses ergeben sich zwei Alternativen: Entweder die Werte werden gemäß Abb. 5-3 durch eine geeignete Methode defuzzifiziert, wobei aus den unscharfen Zahlen scharfe Werte abgeleitet werden (z. B. Schwerpunktmethode vgl. [Biew97], S. 389). Diese können dann kumuliert und in gewohnter Weise als Chart präsentiert werden.

Oder es erfolgt eine Kumulation der Daten durch unscharfe Addition, bei der beispielsweise nach der Standardreihenfolge verfahren wird (siehe Kapitel 3.2.2.2). Das Endergebnis würde dann durch 9 unscharfe Zahlen repräsentiert werden. Diesen Weg zeigt Abb. 5-4, bei der wegen identischer Zahlen nur fünf Werte dargestellt werden (siehe Abb. 5-4).

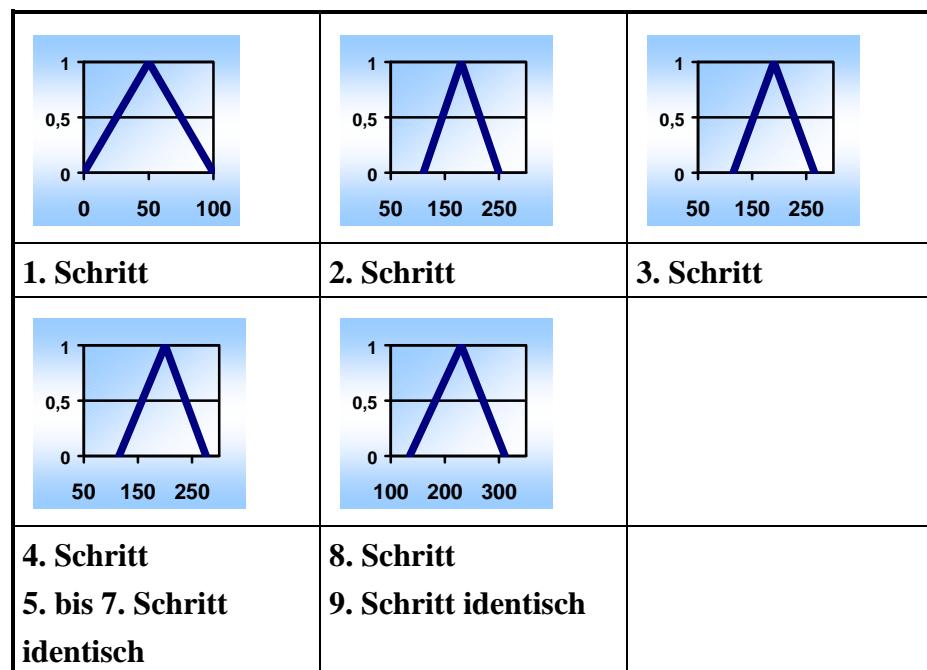


Abbildung 5-4: Endergebnis

Durch die gezeigte Verwendung von unscharfen Zahlen wird erreicht, dass monetäre Werte im Bewertungssystem ihre Scheingenauigkeit verlieren. Dies wird erreicht indem der Grad der Vagheit durch den Analysten in Form einer Zugehörigkeitsfunktion geschätzt wird. Dadurch ist eine erste Verbesserung der Nutzenanalyse erzielt worden, die jedoch von folgenden Problemen begleitet bleibt:

- Die Methode der Nutzenanalyse ist in ihren Schritten zwar relativ einfach, muss jedoch dem Benutzer im Einzelnen bekannt sein. Durch den Einsatz von unscharfen

Zahlen wird die Methode zwar durch die explizite Angabe von Vagheiten verbessert, dadurch jedoch auch komplizierter. Ein gewisses Grundwissen der Fuzzy-Logik muss, um diese Methode richtig einsetzen zu können, beim Entscheider vorhanden sein.

- Im Beispiel wurden unscharfe Zahlen skizziert, wobei deren Charakteristik aufgrund von Überlegungen gebildet wurde. Hier wurde aus Gründen der Vereinfachung ein Dreieckverlauf unterstellt. Die Charakteristik könnte jedoch auch anders, z. B. als Kurvenverlauf oder als unscharfe Menge, formuliert werden. Die Wahl der Charakteristik ist, da sie durch Plausibilitätsüberlegungen festgelegt wird, jeweils individuell auf das Nutzenkriterium abzustimmen, was wiederum den Bearbeitungsaufwand erhöht. Da die Wahl der jeweiligen Kennlinie eine starke Wirkung auf das Ergebnis hat, verlagert sich die Unsicherheit der Methode auf die Gestaltung der Kennlinie. Ein PC-gestütztes System könnte zwar verschiedene Grundstrukturen anbieten, jedoch keine Empfehlung zur Auswahl einer Kennlinie geben.
- Wird das Endergebnis als eine Reihe von kumulierten Fuzzy-Werten dargestellt, so ist ein hoher Erklärungsbedarf angezeigt. Gefordert ist aber eine möglichst prägnante Präsentation der Gesamtanalyse, was mit dieser Variante noch nicht gegeben ist.

Somit ist dieser unscharfe Ansatz zwar möglich, aber auf Grund der pragmatischen Probleme noch nicht zufriedenstellend. Aus diesem Grunde soll im folgenden Teilkapitel eine Weiterentwicklung des Ansatzes erfolgen und ein Verfahren spezifiziert werden, das für den Anwender transparenter und einfacher benutzbar ist.

5.2 Regelbasierter Ansatz zur Nutzenbewertung

Wie bereits oben begründet, liegt die Bewertungsproblematik nicht darin, dass monetäre Werte zur Repräsentation des Nutzens eingesetzt werden, sondern in der Beurteilung der Vagheit eines Kriteriums. Die Nutzenanalyse in der ursprünglichen Version berücksichtigt diese Tatsache einerseits in der Aufteilung in direkten, indirekten und schwer fassbaren Nutzen und andererseits in die sog. Realisierungsgruppen gering, mittel und wahrscheinlich. Daraus ergeben sich in der Ergebnismatrix neun Werte, die nach einer Standardreihenfolge oder nach einer individuell zu bestimmenden Reihenfolge kumuliert werden. Dabei existiert in der Methode kein Vorgehensschema zur Bestim-

mung dieser Ordnung. Die Reihenfolge wird sinnvollerweise so gewählt, dass die Werte nach ihrer Relevanz geordnet werden. Diese Ordnung stellt somit eine interne Gewichtung der neun Nutzenkriterien dar.

Da die Aufteilung in die Kategorien I bis III und in die Realisierungschancen gering, mittel und wahrscheinlich bei der Analyse stark erklärungsbedürftig sind, diese aber im Endeffekt lediglich eine Gewichtung darstellen, scheint es sinnvoll die ursprüngliche Gruppierung durch eine einfache kardinale Gewichtung zu substituieren. Hierdurch wird eine wesentlich einfachere Benutzung und damit Akzeptanz der Bewertungsmethode erzielt, was insgesamt der Effizienz des Bewertungsvorgangs zu Gute kommt.

Um aus den so gruppierten Daten eine Endaussage abzuleiten, soll eine fuzzybasierte Regelbasis eingesetzt werden, die letztendlich durch ihre Regeln die Gewichtung berücksichtigt.

Die hier entwickelte Variante der Nutzenbewertung teilt sich damit in folgende Schritte auf:

- Ermitteln der Nutzenkriterien
- Monetäre Bewertung der Kriterien
- Gewichtung der Kriterien
- Sortieren, Gruppieren und Summieren der Kriterien nach Gewichtung
- Gegenüberstellung des Aufwandes (z. B. Kosten)
- Interpretation des Kostendeckungsbeitrags durch eine fuzzybasierte Regelbasis

Die Ermittlung der Nutzenkriterien und die monetäre Bewertung erfolgen analog zur ursprünglichen Form der Nutzenanalyse. D. h., die Nutzenkriterien werden aufgestellt und monetär bewertet. Die Bestimmung der monetären Größe erfolgt durch die Betrachtung der Wirkung einer Nutzengröße (z. B. Umsatzsteigerung um x %) und die sich daraus ergebenden Geldbeträge wie bei der herkömmlichen Methode.

Beispiel:

Zur weiteren Erläuterung der Methode wird exemplarisch folgendes Szenario benutzt. Ein industrielles Unternehmen fertigt Haushaltsgeräte. Die Produktion erfolgt vollstän-

dig maschinell mit Montageautomaten und Industrierobotern. Das Unternehmen fertigt die Teile nicht selbst, sondern bezieht die zu montierenden Teile von entsprechenden Zulieferanten der Elektro-, Elektronik-, Kunststoff- und Metallindustrie. Da viele der zugelieferten Baugruppen und Teile (z. B. Gehäuse) individuelle Gestalt haben, existiert ein hoher und permanenter Abstimmungsbedarf zwischen Unternehmen und Zulieferant. Geplant sei nun, zwischen den beiden Partnern eine VR-basierte Kommunikation zu installieren. Nach der Betrachtung der kritischen Erfolgsfaktoren für das Montageunternehmen sind die Kriterien nach Tabelle 5-1 ermittelt worden:

Tabelle 5-1: Bewertete Kriterien

Nutzenkriterium	Bewertung in DM	Gewichtung Einschätzung der Realisierungschance
Einsparung von Reisekosten (Designprozess)	5.000,- DM	hoch
Einsparung von Reisekosten (F&E)	15.000,- DM	hoch
Einsparung von Modellbauten	10.000,- DM	hoch
Geschwindigkeit in F&E steigt um ca. 10%.	5.000,- DM	mittel
Flexibilität in F&E steigt.	3.000,- DM	niedrig
Produktionsplanung Teach-In im VR, dadurch 10% freie Kapazität auf Industrieroboter	70.000,- DM	hoch
Qualität der Planung steigt.	1.000,- DM	mittel
Qualität der Produktpräsentation steigt.	2.000,- DM	niedrig
Wettbewerbssituation: Image wird verbessert.	4.000,- DM	mittel

Die Gewichtung der Kriterien erfolgt durch hoch, mittel und niedrig. Dabei ist die Gewichtung als Sicherheit der Realisierung des Kriteriums aufzufassen. In der ursprünglichen Nutzenanalyse wurde der Begriff der Realisierungschance benutzt, um eine gewisse Wahrscheinlichkeit des Erlangens des Nutzens auszudrücken. Dabei handelt es sich aber nicht um eine streng statistische Begriffsauslegung, sondern um eine subjektiv zu wählende Kategorie, die der Analyst intuitiv angibt. Es sei hier nochmals

darauf hingewiesen, dass intuitiv nicht mit wahllos gleichzusetzen ist, sondern eine bewusste Handlung des Analysten ausdrückt.

Zur Kategorisierung der Kriterien wird abweichend zur ursprünglichen Analyse (dort neun Abstufungen) mit einer Skala von nur drei Werten gearbeitet. Da im späteren Verlauf der Analyse eine Regelbasis definiert wird und der Umfang der Regelbasis mit der Anzahl der Kriterien nicht linear wächst, wurde hier eine Beschränkung auf drei Kriterien durchgeführt. Somit ergeben sich die Gewichte (Kategorien) G1 für hohe, G2 für mittlere und G3 für niedrige Realisierungschancen.

Durch diese Änderungen wird in dieser Variante der Nutzenanalyse der Hauptvorteil der Scoringmethoden – die Transparenz und Einfachheit der Gewichtung – übernommen. Im Vergleich zur ursprünglichen Nutzenanalyse nach *Nagel* entfällt die stark erläuterungsbedürftige Einteilung in die jeweiligen Kategorien (vgl. [Nage90], S. 71).

Im nächsten Schritt werden die aufgestellten Daten nach Zugehörigkeit zur jeweiligen Gewichtung sortiert und aufsummiert. Folglich ergibt sich eine Darstellung nach Tabelle 5-2.

Tabelle 5-2: Summierte Nutzeffekte

Gewichtung	hoch	mittel	niedrig
Summe	100.000,- DM	10.000,- DM	5.000,- DM

Im Beispiel sei unterstellt, dass ein hier nicht näher ausgeführter Aufwand von 100.000,- DM entsteht. Um nun letztendlich eine Empfehlung abzuleiten, wird eine linguistische Variable formuliert, die aussagt, ob der Gesamtnutzen „gut“, „mittel“ oder „schlecht“ ist. In diese Variable soll als Wert nicht der eigentliche monetäre Betrag eingehen, sondern der Deckungsbeitrag an den Projektkosten des zu erwartenden Nutzens. Als Deckungsbeitrag sei hier nicht die in der Kostenrechnung übliche Definition des Begriffes zu sehen, sondern es sollen die Projektkosten dem Projektnutzen gegenübergestellt werden. D. h., der Deckungsbeitrag sagt hier aus, mit welchem Faktor das Projekt kostendeckend läuft. Dabei bedeutet ein Deckungsbeitrag von 100%, dass sämtliche Kosten vom Projekt getragen werden, ein Deckungsbeitrag über 100% zeigt einen

Überschuss und ein Deckungsbeitrag kleiner 100% zeigt einen Verlust an. Damit ist der Deckungsbeitrag das Maß für den Nutzen des Projektes.

Aus Tabelle 5-2 und dem genannten Aufwand von 100.000,- DM ergibt sich durch einfache Division Tabelle 5-3, welche die Kostendeckung in % aufzeigt.

Tabelle 5-3: Deckungsbeitrag in Prozent

Gewichtungsstufe	hoch	mittel	niedrig
Deckungsbeitrag	G1 = 100 %	G2 = 10 %	G3 = 5 %
Deckungsbeitrag aufsummiert	G1' = 100 %	G2' = 110 %	G3' = 115 %

5.2.1 Fuzzifizierung

Die linguistische Variable zur Bewertung des Gesamtergebnisses wird gemäß Abb. 5-5 gebildet. Die Bildung der Variablen erfolgt auf Grund von Plausibilitätsüberlegungen.

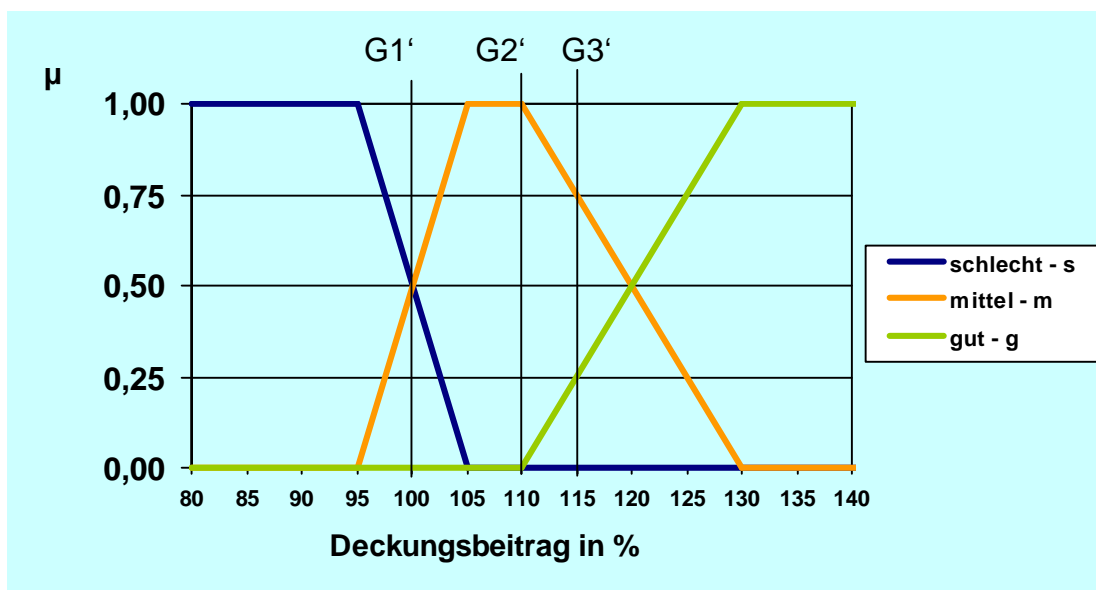


Abbildung 5-5: Linguistische Variable „Gesamtnutzen“

Ein Ergebnis unter 105 % Deckungsbeitrag wird als „schlecht“ eingestuft. Jedoch nimmt der Zugehörigkeitsgrad ab 95 % Deckungsbeitrag linear bis 105 % ab. Gegenläufig hierzu verhält sich die Einschätzung von „mittel“. Ein mittleres Ergebnis wird

definiert ab 95 % Deckungsbeitrag mit linear steigender Zugehörigkeit. Zwischen einem Deckungsbeitrag von 105 % bis 110 % ist die Zugehörigkeit 1 für das Ergebnis „mittel“ und nimmt dann kontinuierlich bis 130 % ab. Die Einschätzung für „gut“ beginnt bei 110 %, steigt bis 130 % auf Zugehörigkeit 1 und bleibt hier auf diesem Niveau.

Der ermittelte Deckungsbeitrag wird nun auf die linguistische Variable „Gesamtnutzen“ angewendet. Hierbei fließen drei Werte für den Deckungsbeitrag ein. Diese sind $G1'$, $G2'$ und $G3'$, welche die aufsummierten Deckungsbeitragsanteile darstellen (siehe Tab. 5-3). Für das Beispiel ergeben sich daraus konkret folgende Aussagen: Der Nutzen des Projektes in der Gewichtungsstufe „hoch“ ($G1'=G1$) gehört zu 0,5 dem Ergebnis „mittel“ und zu 0,5 dem Ergebnis „schlecht“ an. Der Nutzen des Projektes in der Stufe „hoch“ und „mittel“ ($G2'=G1+G2$) gehört zu 1,0 dem Ergebnis „mittel“ an. Der Nutzen in der Stufe „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ ($G3'=G1+G2+G3$) gehört mit 0,75 dem Ergebnis „mittel“ und mit 0,25 dem Ergebnis „gut“ an (siehe Abb. 5-5).

Das Ergebnis kann auch in kürzerer Form in drei Fuzzyvektoren geschrieben werden. Es ergibt sich $V1=(0,5;0,5;0)$, $V2=(0;1;0)$ und $V3=(0;0,75;0,25)$. Da diese Form des Ergebnisses für eine Präsentation sehr unhandlich ist, wird es durch eine Regelbasis im folgenden Inferenzschritt verdichtet.

5.2.2 Inferenz und Defuzzifizierung

Die Ableitung des Endergebnisses durch eine Inferenz erfordert eine Regelbasis (siehe auch Kapitel 4.4). In die Regelbasis gehen die summierten Gewichtungsgruppen $G1'=G1$, $G2'=G1+G2$ und $G3'=G1+G2+G3$ ein. Die Regelbildung erfolgt in der Form:

WENN $G1'=Zustand$ UND $G2'=Zustand$ UND $G3'=Zustand$ DANN Projektnutzen= $Zustand$

Zustand kann die Werte „schlecht“, „mittel“ und „gut“ annehmen (vgl. [Stri96], S. 40). Nachdem die Prämissen aus summierten Daten stammen, somit $G2'$ immer größer oder gleich als $G1'$ und $G3'$ immer größer oder gleich als $G2'$ ist, ergeben sich 10 mögliche Regeln. Die Regelbasis wird gemäß Tabelle 5-4 aufgrund von Plausibilitätsüberlegungen aufgestellt.

Tabelle 5-4: Regelbasis

Regel Nr.	Prämissen			Konklusion
	WENN G1'	UND G2'	UND G3'	DANN Projektnutzen
1.	g	g	g	g
2.	m	g	g	g
3.	m	m	g	g
4.	m	m	m	m
5.	s	g	g	m
6.	s	m	m	m
7.	s	m	g	m
8.	s	s	g	s
9.	s	s	m	s
10.	s	s	s	s

mit s - „schlecht“, m – „mittel“ und g – „gut“

Wendet man die Daten aus Abb. 5-5 auf die Tabelle 5-4 an, so lassen sich die beteiligten Regeln 3, 4, 6 und 7 aufstellen. Als beteiligte Regeln seien die Regeln anzusehen, bei denen ein Zugehörigkeitswert > 0 in eine Prämisse eingeht.

Tabelle 5-5: Relevante Regeln des Beispiels

Regel Nr.	Prämissen			Konklusion
	WENN G1'	UND G2'	UND G3'	DANN Projektnutzen
3.	m (0,5)	m (1,0)	g (0,25)	g
4.	m (0,5)	m (1,0)	m (0,75)	m
6.	s (0,5)	m (1,0)	m (0,75)	m
7.	s (0,5)	m (1,0)	g (0,25)	m

Da in den Regeln UND-Verknüpfungen vorliegen, wird zur Aggregation die MIN-Regel eingesetzt und man erhält für jede Regel einen DOF (Degree of Fulfilment) mit:

$$DOF (\text{Regel 3}) = \text{MIN}(0,5; 1,0; 0,25) = 0,25 \quad \text{für } g (\text{gut}) \quad \text{Gleichung 5-1}$$

$$DOF (\text{Regel 4}) = \text{MIN}(0,5; 1,0; 0,75) = 0,5 \quad \text{für } m (\text{mittel}) \quad \text{Gleichung 5-2}$$

$$DOF (\text{Regel 6}) = \text{MIN}(0,5; 1,0; 0,75) = 0,5 \quad \text{für } m (\text{mittel}) \quad \text{Gleichung 5-3}$$

$$DOF (\text{Regel 7}) = \text{MIN}(0,5; 1,0; 0,25) = 0,25 \quad \text{für } m (\text{mittel}) \quad \text{Gleichung 5-4}$$

Rommelfanger empfiehlt in [BKHN97] zur Implikation der Teilergebnisse zunächst den DOF aufzustellen und diese DOFs später über die algebraische Summe zusammenzufassen. Dabei stellt der DOF den „... Grad der Übereinstimmung mit der Zustandsbeschreibung der Regeln im Regelblock, ...“ dar ([BKHN97], S. 185). Der DOF einer Regel stellt somit „... das Minimum der Zugehörigkeitswerte ...“ (MIN-Regel), mit der die Regel anteilig erfüllt wird, dar ([BKHN97], S.185).

Die DOF-Werte der Regeln 4, 6 und 7 (Regeln mit dem Ergebnis „mittel“) werden über eine algebraische Summe²² zusammengefasst und bilden so das Ergebnis der Implikation für die Einschätzung „mittel“.

$$DOF (\text{mittel}) = 1 - (1 - 0,5) * (1 - 0,5) * (1 - 0,25) = 0,8125 \quad \text{Gleichung 5-5}$$

Zur Bewertung der Komponente „gut“ existiert nur ein Wert, der in diesem Fall direkt als Ergebnis dient.

$$DOF (\text{gut}) = DOF (\text{Regel 3}) = 0,25 \quad \text{Gleichung 5-6}$$

²² Rommelfanger zieht diese Methode der Maximumfunktion vor, da mit ihr plausible Ergebnisse erzielt wurden. Die Formel der algebraischen Summe lautet $DOF_{\text{gesamt}} = (1 - \prod_{\text{für alle Regeln}} (1 - DOF_{\text{Regel}}))$ (vgl. [Romm97], S. 187).

Somit entstehen hier zwei Ergebniswerte für den Anteil an guter bzw. mittlerer Nutzeinschätzung. Da die Summe von $DOF(gut)$ und $DOF(mittel)$ gleich 1,0625 und somit ungleich 1 ist, sollte eine Normierung erfolgen (vgl. [Urba98], S. 318):

$$DOF(gut) = 0,25 / 1,0625 = 0,2353$$

Gleichung 5-7

$$DOF(mittel) = 0,8125 / 1,0625 = 0,7647 \text{ (jeweils auf 4. Stelle gerundet)}$$

Gleichung 5-8

Diese beiden Werte können auch ohne eine Implikation als Ergebnis festgestellt werden. Eine Defuzzifizierung ist nicht zwingend nötig, da der Ergebniswert bei der fuzzybasierten Nutzenbewertung nicht zurückgekoppelt wird. Für das Beispiel lautet das Ergebnis:

„Das Projekte wird mit 0,7647 Erfüllungsgrad einem mittleren und mit 0,2353 Erfüllungsgrad einem guten Ergebnis zugeordnet“.

Da es sich hier um eine bereits sehr prägnante Aussage handelt, soll in dieser Version auf eine sonst übliche Aggregation und Defuzzifizierung verzichtet werden (vgl. [Altr95], S. 171). Die aufgestellte Aussage soll somit das Endergebnis der Analyse sein.

Alternativ hierzu könnte die Methode jedoch auch fortgeführt werden und es könnte mit einer üblichen Defuzzifizierungsmethode, wie z. B. Schwerpunktmethode, ein einziger Ergebniswert (z. B. Note) erzielt werden (siehe hierzu Beispiel in Kapitel 4.5).

5.2.3 Eigenschaften der Methode

Die hier entwickelte und implementierte Methode der fuzzybasierten Nutzenanalyse hat im Überblick folgende entscheidende Vorteile:

- Einfache Verwendung

Da in der Methode als Eingangsdaten die monetär bewerteten Nutzengrößen und eine einfache Gewichtung einfließen und diese Größen wenig Erläuterung bedürfen,

ist der Einsatz für den Endanwender sehr transparent. Obgleich ein Fuzzy-Ansatz vorliegt, muss ein Benutzer keine Fuzzy-Logik Kenntnisse besitzen. Er arbeitet nur mit den Gewichtungen und den monetären Größen. Der Benutzer kann die Methode somit schnell und ohne längere Einarbeitung einsetzen.

- **Prägnante Aussage**

Die hier vorgestellte Methode liefert, unabhängig, wie viele Eingangsdaten einfließen, als Endergebnis die Zugehörigkeitsgrade zu den Bewertungsgruppen „schlecht“, „mittel“ und „gut“. Diese Ergebnisse sind zwar noch fuzzifizierte Größen, sind aber deutlich genug, um in der Endaussage direkt dargestellt zu werden. Das Endergebnis kann somit auf Grund der Fuzzy-Technologie in maximal zwei prägnanten Kennzahlen formuliert werden.

- **Leicht implementierbar**

Die Methode basiert auf linguistischen Variablen, deren Zugehörigkeitsfunktionen trapezförmig sind. Weiterhin werden im skizzierten Algorithmus keine mathematisch anspruchsvollen Funktionen verwendet, so dass diese Methode sich einfach in PC-Standardsystemen wie MS-Excel oder MS-Access implementieren lässt. Im konkreten Beratersystem, das in Access umgesetzt wurde, bedurfte es zur Implementierung nur weniger Stunden.

Neben den Vorteilen der Methode lassen sich folgende Problempunkte nennen:

- Da die Anzahl der Regeln in der Regelbasis mit einer feineren Abstufung des Ergebnisses (mehr als 3 Kategorien) sehr stark wächst, ist eine Verfeinerung auf z. B. sechs Ergebnisstufen nicht ohne Zusammenfassung von Regeln zu Blöcken vertretbar.
- Da die vorliegende Analyse auf nur einer Ebene erfolgt, eignet sich das System nicht, wenn eine große Anzahl an Nutzenkriterien, die u. U. unternehmensweit verteilt sind, vorliegt. Hierzu wird eine mögliche Lösung in Kapitel 5.3 gegeben.

5.3 Strukturierung durch Regelblockbildung

Nicht selten wirken IT-Innovationen sich an den unterschiedlichsten Stellen im Unternehmen aus. Für diese Fälle muss sich die Betrachtung des Gesamtnutzens über meh-

rere Unternehmensprozesse und Nutzenkategorien hin erstrecken. Hierzu ist es sinnvoll eine Hierarchie aufzustellen und in ihr Untergruppen in sog. Regelblöcken zu bilden. In Anlehnung an die Struktur des Nutzenkataloges im Beratersystem, der in Anhang A auf der Basis von Kapitel 3.1.4.2 und Kapitel 2.3 aufgestellt wurde (Nutzenkatalog), lässt sich eine Struktur nach Abb. 5-6 bilden. Es werden auf der untersten Ebene Nutzenkriterien für Kostensenkung, für Geschwindigkeitserhöhung, für Flexibilitätssteigerung, für Qualitätssteigerung, für Generischen Nutzen, für die Verbesserung der Wettbewerbssituation und für den gesamtwirtschaftlichen Nutzen erfasst.

Diese Nutzenkriterien werden in der zweiten Hierarchie in „sicher schätzbare“ Nutzen, „schätzbare“ Nutzen und „vage schätzbare“ Nutzen eingeteilt und zur obersten Ebene hin als „Gesamt“ Nutzen verdichtet.

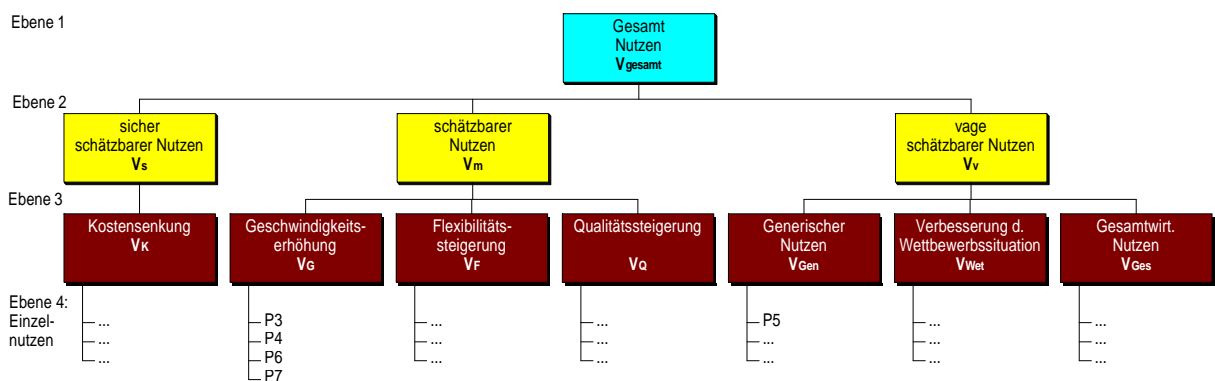


Abbildung 5-6: Abb.: Struktur der Nutzenkategorien

Die Verdichtung der Einzelnutzen nach oben hin wird auf Grundlage einer Fuzzy-Regelbasis vorgenommen.

Ziel ist es, den Nutzen auf der Ebene 1 zu ermitteln. Zur Beschreibung des Nutzens wird eine linguistische Variable, welche die Aussagen „geringer Nutzen“, „mittlerer Nutzen“ und „hoher Nutzen“ beschreibt, eingeführt. Wie aus Abb. 5-6 zu ersehen ist, existieren vier Ebenen. Auf der untersten Ebene 4 gehen die Einzelnutzen, die in den Unternehmensprozessen auftreten, in das Bewertungsschema ein. So könnte z. B. im Unternehmensprozess P5 durch den Einsatz einer Technik das Image steigen. Die Bewertung des Nutzens wurde in der Variante im Kapitel 5.2 monetär vorgenommen und floss als Deckungsbeitrag in die linguistische Variable ein. Dies ist hier nicht möglich, da einem monetär ausgedrückten Einzelnutzen keine Kostengröße gegenübersteht.

Demnach erfolgt die Bewertung des Einzelnutzens bei dieser Version in Form eines Ranges. Der Rang wird repräsentiert durch eine Zahl von 0 (niedrig) bis 10 (hoch). Um eine verbale Aussage über den Nutzen machen zu können, wird eine linguistische Variable „Nutzen“ definiert. Die Festlegung erfolgt nach einer Plausibilitätsüberlegung gemäß Abb. 5-7.

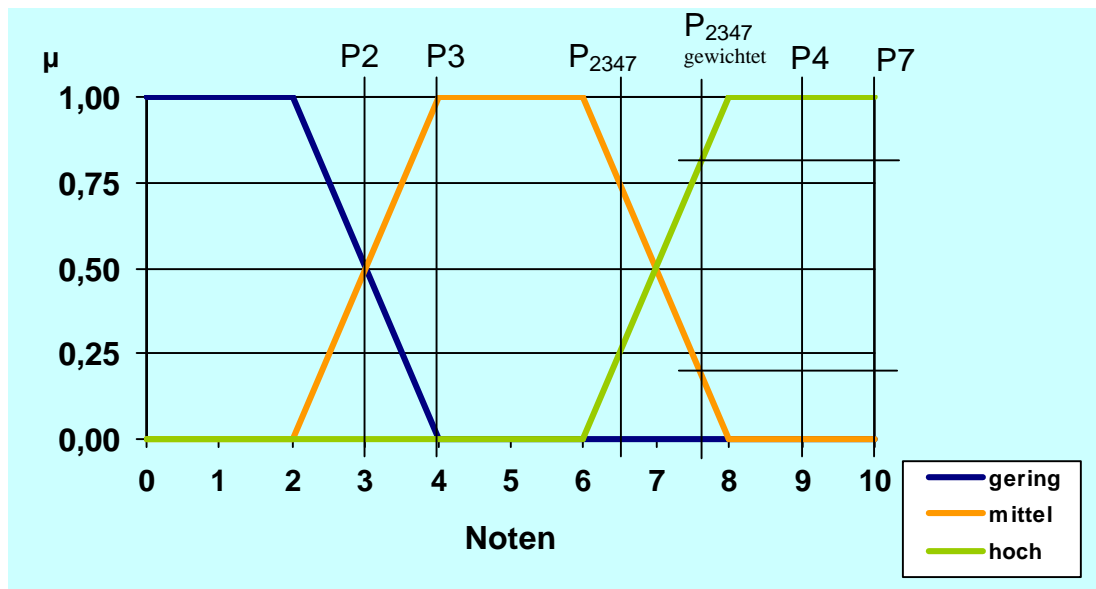


Abbildung 5-7: Fuzzifizierung der Noten

Demnach ist der Nutzen bis zu einer Note 2 als „gering“ einzustufen und geht langsam bis zur Note 4 in „mittleren Nutzen“ über. Der „hohe Nutzen“ baut sich ab Note 6 bis zur Note 8 stetig auf und erreicht dort den Zugehörigkeitsgrad 1,0. Demgegenüber nimmt der „mittlere Nutzen“ von Note 6 bis 8 stetig ab und erreicht bei Note 8 das Niveau 0 (siehe Abb. 5-7).

5.3.1 Übergang von Ebene 4 zu Ebene 3

Da die eingehenden Einzelnutzen auf der Ebene 4 von der Anzahl und vom Inhalt her von Projekt zu Projekt sehr unterschiedlich sind, wird auf dieser Ebene auf eine Regelbasis verzichtet. Vielmehr bietet sich an, die eingehenden Einzelnutzen arithmetisch zu mitteln und daraus eine Note zu bilden. Werden im Beispiel vier Einzelnutzen angenommen, die durch die Prozesse P2, P3, P4 und P7 generiert wurden und mit Note 3 (P2), mit Note 4 (P3), mit Note 9 (P4) und mit Note 10 (P7) bewertet wurden, ergeben sich die Nutzen-Zugehörigkeiten gemäß Abb. 5-7. Das arithmetische Mittel wird gebildet mit

$$(3+4+9+10)/4 = 6,5 \text{ für } P_{2347}$$

Gleichung 5-9

Der Ergebnis-Fuzzy-Vektor wird gebildet durch Gleichung 5-10.

$$V_G = (m(\text{gering}); m(\text{mittel}); m(\text{hoch}))$$

Gleichung 5-10

Für das konkrete Beispiel ergibt sich nun der Fuzzy-Vektor V_G mit $V_G = (0; 0,75; 0,25)$. Die Bildung des einfachen arithmetischen Mittels ist jedoch problematisch, da hierdurch zwar die Qualität (Note) des Nutzens, jedoch nicht die Quantität berücksichtigt wird. Somit ist es unumgänglich eine Gewichtung der Noten in Analogie zur Nutzwertanalyse einzuführen. Neben der Note muss jeder Einzelnutzen zusätzlich mit einem Gewicht eingestuft werden.

Im Beispiel soll eine Gewichtung mit insgesamt 100 Punkten durchgeführt werden. D. h., 100 Punkte müssen bei diesem Beispiel auf die vier Einzelnutzen verteilt werden und anschließend in der Formel zur Mittelwertbildung berücksichtigt werden. Erfolgt die Gewichtung mit 10 Punkten für Prozess 2, 20 Punkten für Prozess 3, 50 Punkten für Prozess 3 und mit 20 Punkten für Prozess 7, so ergibt der Mittelwert durch:

$$(3*10+4*20+9*50+10*20)/100 = 7,6 \text{ für } P_{2347}$$

Gleichung 5-11

Demnach ergibt sich so der Fuzzy-Vektor $V_G = (0; 0,2; 0,8)$. Durch analoges Vorgehen für die anderen Kategorien werden die Vektoren V_K für Kostensenkung, V_F für Flexibilitätssteigerung, V_Q für Qualitätssteigerung, V_{Gen} für Generischen Nutzen, V_{Wet} für Verbesserung der Wettbewerbssituation und V_{Ges} für Gesamtwirtschaftlichen Nutzen berechnet. Diese Vektoren repräsentieren das Ergebnis auf Ebene 3.

5.3.2 Übergang von Ebene 3 zu Ebene 2

Der Übergang von Ebene 3 zu Ebene 2 erfolgt durch Ermittlung der Fuzzy-Vektoren V_s für „sicher schätzbarer“ Nutzen, V_m für „schätzbarer Nutzen“ und V_v für „vage schätzbarer“ Nutzen. Da im Modell der „sicher schätzbare“ Nutzen sich aus nur einem darunter liegenden Fuzzy-Vektor, dem Vektor V_K ergibt, wird V_s direkt aus V_K gebildet. Die

beiden anderen Vektoren dieser Ebene V_m und V_v basieren jeweils auf drei untergeordneten Fuzzygrößen. Um sie zu ermitteln werden zwei Regelbasen aufgestellt (siehe Tab. 5-6 und 5-7).

Tabelle 5-6: Regelbasis für „schätzbare Nutzen“ V_m

Regel Nr.	Prämissen			Konklusion
	WENN Nutzen aus Geschwindigkeitserhöhung	UND Nutzen aus Flexibilitäts-erhöhung	UND Nutzen aus Qualitäts-steigerung	DANN Nutzen
1.	g	g	g	g
2.	g	g	m	g
3.	g	g	h	m
4.	g	m	g	g
5.	g	m	m	g
6.	g	m	h	m
7.	g	h	g	m
8.	g	h	m	m
9.	g	h	h	m
10.	m	g	g	g
11.	m	g	m	m
12.	m	g	h	m
13.	m	m	g	m
14.	m	m	m	m
15.	m	m	h	m
16.	m	h	g	m
17.	m	h	m	m
18.	m	h	h	h
19.	h	g	g	g
20.	h	g	m	m
21.	h	g	h	h
22.	h	m	g	m
23.	h	m	m	m
24.	h	m	h	h
25.	h	h	g	m
26.	h	h	m	h
27.	h	h	h	h

g-gering, m-mittel, h-hoch

Tabelle 5-7: Regelbasis für „vage schätzbare Nutzen“ V_v

Regel Nr.	Prämissen			Konklusion
	WENN Generischer Nutzen	UND Nutzen aus Verbesserung der Wettbewerbssituation	UND Gesamtwirtschaftlicher Nutzen	DANN Nutzen
1.	g	g	g	g
2.	g	g	m	g
3.	g	g	h	g
4.	g	m	g	g
5.	g	m	m	m
6.	g	m	h	m
7.	g	h	g	m
8.	g	h	m	h
9.	g	h	h	h
10.	m	g	g	g
11.	m	g	m	g
12.	m	g	h	m
13.	m	m	g	m
14.	m	m	m	m
15.	m	m	h	m
16.	m	h	g	m
17.	m	h	m	h
18.	m	h	h	h
19.	h	g	g	m
20.	h	g	m	m
21.	h	g	h	m
22.	h	m	g	m
23.	h	m	m	m
24.	h	m	h	h
25.	h	h	g	h
26.	h	h	m	h
27.	h	h	h	h

g-gering, m-mittel, h-hoch

Zur Ermittlung von V_m für „schätzbare“ Nutzen werden zunächst die Vektoren V_G , V_F und V_Q aufgestellt, indem auf unterster Ebene eine Benotung erfolgt, das gewichtete Mittel gebildet wird und über die linguistische Variable die Vektoren erzeugt werden (siehe Abb. 5-6). Sei z. B. V_G , V_F und F_Q ausgeprägt durch:

$$V_G=(0; 0,25; 0,75)$$

Gleichung 5-12

$$V_F=(0, 0,5, 0,5)$$

Gleichung 5-13

$$V_Q=(0; 1; 0)$$

Gleichung 5-14

Zur Inferenz werden die zugehörigen Regeln aus der Regelbasis, hier Tab. 5-6, herausgenommen und in Tab. 5-8 dargestellt.

Tabelle 5-8: Beteiligte Regeln

Regel Nr.	Prämissen			Konklusion
	WENN Nutzen aus Geschwindigkeitserhöhung	UND Nutzen aus Flexibilitäts-erhöhung	UND Nutzen aus Qualitäts-steigerung	DANN Nutzen
14.	m (0,25)	m (0,5)	m (1,0)	m
17.	m (0,25)	h (0,5)	m (1,0)	m
23.	h (0,75)	m(0,5)	m (1,0)	m
26.	h (0,75)	h (0,5)	m (1,0)	h

g-gering, m-mittel, h-hoch

Da in der Regelbasis UND-Verknüpfungen vorliegen, wird zur Aggregation die MIN-Regel eingesetzt. Es ergeben sich, nach analogem Einsatz der DOF-Regeln wie in Kapitel 5.2, für dieses Beispiel folgende DOF-Werte:

$$DOF (\text{Regel 14}) = \text{MIN}(0,25; 0,5; 1,0) = 0,25 \quad \text{für } m \text{ (mittel)}$$

Gleichung 5-15

$$DOF (\text{Regel 17}) = \text{MIN}(0,25; 0,5; 1,0) = 0,25 \quad \text{für } m \text{ (mittel)}$$

Gleichung 5-16

$$DOF (\text{Regel 23}) = \text{MIN}(0,75; 0,5; 1,0) = 0,5 \quad \text{für } m \text{ (mittel)}$$

Gleichung 5-17

$$DOF (\text{Regel 26}) = \text{MIN}(0,75; 0,5; 1,0) = 0,25 \quad \text{für } h \text{ (hoch)}$$

Gleichung 5-18

Die *DOF*-Werte der Regeln 14, 17 und 23 werden über eine algebraische Summe zusammengefasst und bilden so das Endergebnis für die Einschätzung „mittel“ (vgl. [Romm97], S. 187).

$$DOF(mittel) = 1 - (1 - 0,25) * (1 - 0,25) * (1 - 0,5) = 0,71875$$

Gleichung 5-19

Zur Bewertung der Komponente „hoch“ existiert nur ein Wert, der in diesem Fall direkt als Endergebnis dient.

$$DOF(hoch) = DOF(Regel 26) = 0,25$$

Gleichung 5-20

Da die Summe von *DOF(hoch)* und *DOF(mittel)* gleich 0,96875 und somit ungleich 1 ist, muss eine Normierung erfolgen (vgl. [Urba98], S. 318):

$$DOF(hoch) = 0,25 / 0,96875 = 0,2581 \text{ und}$$

Gleichung 5-21

$$DOF(mittel) = 0,71875 / 0,96875 = 0,7419 \text{ (jeweils auf 4. Stelle gerundet)}$$

Gleichung 5-22

Diese beiden Werte bilden nun den zweiten Ergebnisvektor V_m mit

$$V_m = (0; 0,7419; 0,2581)$$

Gleichung 5-23

Der dritte Ergebnisvektor V_v , für „vage schätzbaren“ Nutzen wird aus V_{Gen} für Generischen Nutzen, V_{Wet} für Verbesserung der Wettbewerbssituation und V_{Ges} für Gesamtwirtschaftlichen Nutzen berechnet. Dies erfolgt auf analoge Weise unter Zuhilfenahme

der Tabelle 5-7. Somit bilden die Fuzzy-Vektoren V_s , V_m und V_v das Ergebnis für Ebene 2 (siehe Abb. 5-6).

5.3.3 Übergang von Ebene 2 zu Ebene 1

Der Vektor V_{gesamt} stellt für diese Variante der Nutzenbewertung das Endergebnis dar. Er wird wiederum unter Benutzung einer Regelbasis aus den Ergebnisvektoren der Ebene 2 (V_s , V_m und V_v) bestimmt. Die Gewichtung der Größen erfolgt durch die Regelbasis gemäß Tab. 5-9.

Tabelle 5-9: Regelbasis für „Gesamtnutzen“ V_{gesamt}

Regel Nr.	Prämissen			Konklusion
	WENN V_s	UND V_m	UND V_v	DANN Nutzen
1.	g	g	g	g
2.	g	g	m	g
3.	g	g	h	g
4.	g	m	g	g
5.	g	m	m	g
6.	g	m	h	g
7.	g	h	g	g
8.	g	h	m	g
9.	g	h	h	m
10.	m	g	g	g
11.	m	g	m	m
12.	m	g	h	m
13.	m	m	g	m
14.	m	m	m	m
15.	m	m	h	m
16.	m	h	g	h
17.	m	h	m	h
18.	m	h	h	h
19.	h	g	g	m
20.	h	g	m	m
21.	h	g	h	h
22.	h	m	g	m
23.	h	m	m	h
24.	h	m	h	h
25.	h	h	g	h
26.	h	h	m	h
27.	h	h	h	h

g-gering, m-mittel, h-hoch

Die algorithmische Behandlung der Fuzzy-Vektoren ist analog zu der Behandlung unter Kapitel 5.3.3 und soll hier nicht nochmals skizziert werden. Als Ergebnis des Procedere wird V_{gesamt} aus den Vektoren V_s , V_m und V_v berechnet. V_{gesamt} stellt somit die kompri-

mierte Größe dar, die aussagt, ob das beurteilte Projekt mit „hohem“, „mittlerem“ oder „geringem“ Nutzen einzuschätzen ist. Ähnlich wie bei der Variante in Kapitel 5.2 wird das Endergebnis ohne weitere Defuzzifizierung durch den Fuzzy-Vektor V_{gesamt} repräsentiert.

5.3.4 Eigenschaften der Methode

Die hier aufgezeigte Methode hat im Gegensatz zur herkömmlichen Nutzenanalyse folgende Vorteile:

- **Einfache Verwendung**
Wie auch die Variante im Kapitel 5.2 kann diese fuzzybasierte Variante der Nutzenanalyse ohne großen Erläuterungsbedarf in der Praxis eingesetzt werden. Der Benutzer muss lediglich als Inputdaten die Einzelnutzen, die im Beratersystem computergestützt ermittelt werden, mit einer Note und einer Gewichtung einschätzen (siehe Kapitel 5.3). Diese Inputdaten können von einem Benutzer relativ schnell und einfach verstanden werden und erhöhen dadurch die Transparenz der Methode. Das in der Praxis schwierige Schätzen von monetären Größen entfällt durch die Angabe einer Note.
- **Prägnante Ergebnisse**
Aus einer u. U. komplexen Hierarchie und einer Vielzahl von Nutzenkriterien wird ein einfach zu interpretierender Fuzzy-Vektor V_{gesamt} ermittelt. Auf Grund des hierarchischen Systems können auch Zwischenergebnisse abgeleitet werden und zur Präsentation verwendet werden.
- **Kompakte Regelbasis**
Nachdem die Ableitung des Ergebnisses in Stufen erfolgt und jede Stufe durch einen Regelblock repräsentiert wird, entstehen kompakte Regelbasen, die gut handhabbar und implementierbar sind.
- **Einfache Implementierung**
Wie die einstufige Variante ist auch diese Variante einfach mit Standardentwicklungstools aus dem PC-Bereich zu implementieren.

6 Konzeption eines Vorgehensmodells zur Bewertung von IT-Innovationen

6.1 Vorgehensmodelle in der Wirtschaftsinformatik

In der Wirtschaftsinformatik wird schon seit Anbeginn mit dem Begriff eines Vorgehensmodells gearbeitet. Zielte man in den Anfängen zunächst darauf ab, ein Rahmenkonzept zur Erstellung von individuellen Softwarelösungen zu entwickeln, so steht heute auch die Konfiguration und Adaption von standardisierten Softwaremodulen im Vordergrund. Grundgedanke ist es ein Modell aufzustellen, das die Entwicklung, Einführung und den Betrieb der Software unterstützt. Dabei ist unter einem Modell ein Ausschnitt aus der Realität zu verstehen, der auf einer abstrahierten Ebene die relevanten Informationen und Funktionen aus der Realität beinhaltet (vgl. [LHMa95], S. 27). Ein Modell kann demnach nicht ein 100-prozentiges Abbild darstellen, sondern enthält nur die zur Zielerreichung nötigen Elemente (vgl. [KLTi98], S. 7).

Ein Vorgehensmodell stellt ein Regelwerk dar, aus dessen Anwendung heraus **Rollen**, **Tätigkeitsbereiche** sowie der Einsatz von **Methoden und Werkzeugen** abgeleitet werden. Eine Rolle repräsentiert in diesem Sinne eine Aufgabe, die durch eine Person übernommen wird. Das kann z. B. die Rolle des Programmierers, des Support-Beraters oder des Systemanalytikers sein (vgl. [FBML98], S. 27). Die Tätigkeitsbereiche lassen sich untergliedern in Projekt-, Konfigurations-, Qualitätsmanagement und in die Systementwicklung (vgl. [PuTa96], S.13). In diesen Tätigkeitsbereichen werden Aktivitäten und die aus den Aktivitäten resultierenden Ergebnisse definiert. Aus dem Vorgehensmodell werden zur Unterstützung der Tätigkeitsbereiche Methoden und Werkzeuge vorgegeben. Eine Methode zeichnet sich durch ein planmäßiges und begründetes Vorgehen zur Erreichung eines Zieles aus. Unter einem Werkzeug ist eine Software zu verstehen, die zur Planung und Generierung des Informationssystems verwendet wird (vgl. [FBML98], S. 17 ff.).

Die Qualität des Modells hängt insgesamt davon ab, in welcher Güte es die Zielerreichung unterstützt. Dabei hängt die Qualität des Ergebnisses vom Modell selber, aber auch davon ab, welche Elemente der realen Welt im Modell abgebildet werden – also vom Modellbenutzer. Da in der realen Welt unterschiedliche Zielsetzungen gegeben sind, existieren in der Informatik unterschiedliche Ansätze für Vorgehensmodelle. Eine Kategorisierung und Genealogie findet man bei *Bremer* in [Brem98] (siehe Abb. 6-1).

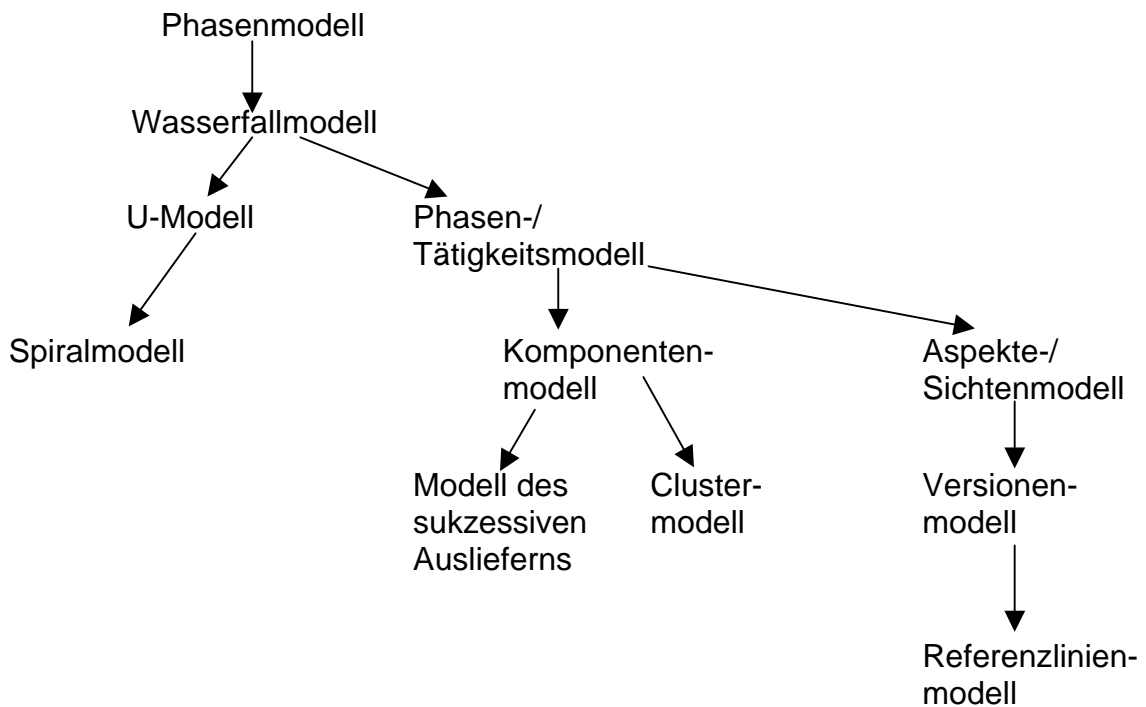


Abbildung 6-1: Genealogie von Entwicklungsschemata (aus [Brem98], S. 37)

Als erstes Modell wurde das Phasenmodell publiziert, bei dem der Softwareentwicklungsprozess in einzelne Phasen aufgeteilt wurde, die konsequent aufeinander aufbauen und sequentiell abgearbeitet werden. Im Phasenmodell wird eine Rückkehr in einen abgeschlossenen Entwicklungsschritt nicht ermöglicht.

Eine begrenzte Iteration wird im Wasserfallmodell ermöglicht, bei dem ein Phasenschritt rückwärts gegangen werden kann (vgl. [Lehn95], S. 91).

Im U-Modell wird das eindimensionale Vorgehen aufgegeben und parallel die Systementwicklung und -integration betrachtet. Dabei findet auf jeder Entwicklungsstufe eine Verifikation der Entwicklungsziele und eine Validation der Entwicklungsergebnisse statt. Das Spiralmodell geht weiter und interpretiert den Softwareentwicklungsprozess als evolutionären Prozess, bei dem die Entwicklungsschritte immer wieder durchlaufen werden und dabei die Erkenntnisse vorhergehender Schritte dynamisch in die Entwicklung mit einfließen (vgl. [Jenn01], S. 66 und [Lehn95], S. 96).

Im Phasen-/Tätigkeitsmodell erfolgt eine detaillierte Gegenüberstellung von Einzeltätigkeiten und zugehörigen Phasen. Durch die Isolationen der Aufgaben (Black-Box-Prinzip) wird erreicht, dass einzelne Teilaufgaben modularisiert werden und unabhängig voneinander entwickelt und implementiert werden können (vgl. [PuTa96], S.67). Dies

führt zum Komponentenmodell, zum Modell des sukzessiven Ausliefern und zum Clustermodell. Diese Modelle sind dadurch gekennzeichnet, dass eine Fokussierung auf die Systemkomponenten erfolgt. Beim Clustermodell wird für jede Softwarebaugruppe (Cluster) der jeweilige Lebenszyklus getrennt betrachtet (vgl. [Brem98], S 44 ff.).

Ein generalistischerer Ansatz wird im Aspekte-/Sichtenmodell, im Referenzlinienmodell und im Versionenmodell verfolgt. Zur Optimierung der Softwareentwicklung werden im Aspekte-/Sichtenmodell verschiedene Sichtweisen eingenommen, wie z. B. die des Anwenders, des Projektleiters oder des Entwicklers. Im Referenzlinien- und Versionenmodell wird ein gemeinsames Ziel verfolgt, das durch die Softwareentwicklung evolutionär angestrebt wird (vgl. [Brem98], S. 48 ff.).

Aus diesen dargestellten Ansätzen heraus wurden zahlreiche Vorgehensmodelle und Werkzeuge konkretisiert. Dabei wird heute grundsätzlich von einer prozessorientierten Sichtweise auf die Unternehmung ausgegangen. Die Modularisierungstendenz spiegelt sich in der heutigen Softwaretechnik durch die objektorientierte Systementwicklung wieder.

Ein umfangreich entwickeltes Vorgehensmodell, das eine breite Einsatzmöglichkeit bietet, stellt das V-Modell dar. Es basiert auf dem U-Modell und ist aufgesplittet in vier Submodelle für das Projektmanagement, die Softwareentwicklung, das Qualitätsmanagement und das Konfigurationsmanagement (vgl. [Verl98], S. 69). In den jeweiligen Untermodellen werden die einzelnen Funktionen sehr detailliert in den Funktionsblöcken beschrieben. Das Zusammenspiel der Funktionen wird in den sog. „Produktflüssen“ dargestellt, welche die Integrations- und die Entwicklungsschritte synchronisieren (vgl [KLTi98], S. 14).

Da das V-Modell für ein breites Anwendungsspektrum konzipiert wurde, muss es auf konkrete Projekte angepasst werden. Diese individuelle Spezifikation der Methode wird als Tailoring bezeichnet und stellt einen nicht geringen Aufwand dar, was als Nachteil des Modells angesehen wird (vgl. [KLTi98], S.15). Einen Ansatz zur Automatisierung dieses Tailoringprozesses zeigt *Dreisbach* auf, der eine DTD (Document Type Definition) für SGML (Standard Generalized Markup Language) zur Handbuchenstellung vorschlägt und somit einen effizienten Einsatz des V-Modells unterstützt (vgl. [Drei99]).

Weitere Vorgehensmodelle mit breitem Einsatzfeld sind die Modelle SEPP (Software Entwicklungs Prozess Plan) von Siemens, PSS-05 (Procedures Specifications Standards) der Weltraumbehörde ESA oder das SEM-VM (Systementwicklungsmethode) nach *Kaindl/Lutz/Tiepold* (vgl. [KLTi98], S. 9 ff. und 75 ff.). Vorgehensmodelle für spezielle Projekttypen sind u. a. beschrieben bei *Hesse* für objektorientierte Software-Entwicklung, für Workflow-Management-Anwendungen bei *Jablonski* und *Stein* oder für die Entwicklung von wissensbasierten Systemen bei *Angele* et al. (vgl. [Hess98], S. 110 ff.; [JaSt98], S. 136 ff. und [AFSt98], S. 168 ff.).

Eng verbunden mit den Vorgehensmodellen sind die Werkzeuge und Methoden auf die sie zurückgreifen. Eine Einteilung kann erfolgen in Werkzeuge für das Objekt- und Prozessmanagement sowie Werkzeuge für die Softwareentwicklung (vgl. [ChGr98], S. 219). Zur Analyse der Aufgaben eines Softwaresystems hat sich die Methode der Strukturierten Analyse (SA) etabliert. Dabei betrachtet die SA hauptsächlich die funktionale Struktur eines Informationssystems, wobei auch die Datenflüsse zwischen den Funktionalblöcken konkretisiert werden. Ansatzpunkt bei der SA ist eine Top-Down-Sichtweise, bei der von oben herab die Gesamtproblematik hierarchisch in Teilprobleme heruntergebrochen wird. Die Methode kann mit dem Entity-Relationship-Modell zum Datenentwurf kombiniert werden und repräsentiert dann eine konventionelle Modellierung betrieblicher Informationssysteme (vgl. [FeSi98], S. 174).

Neuere Ansätze verfolgen den objektorientierten Entwurf von Informationssystemen, bei dem die Repräsentation der Daten und die Abbildung der Funktionalitäten in Objekten erfolgt. Zum Einsatz kommt hier die Unified Modeling Language (UML), die in den späten 90er Jahren standardisiert wurde (vgl. [SeGu00], S. 2). UML wird eingesetzt um konkrete objektorientierte Software zu planen, aber auch generell zur Darstellung komplexer Zusammenhänge (vgl. [Ste00], S. 103 ff.). So setzen *Uelpenich* und *Bodendorf* UML ein um Wissensorganisation und -modellierung darzustellen (vgl. [UeBo01], S. 473). Auch in dieser Arbeit soll UML als Werkzeug eingesetzt werden um ein Vorgehensmodell zu beschreiben. Eine weitere Darstellung von UML erfolgt deshalb anschließend in Kapitel 6.2.

6.2 UML als Spezifikationsprache

Die Konzepte der objektorientierten Programmierung führten in den letzten 30 Jahre zu einem Paradigmawechsel in der Wirtschaftsinformatik (vgl. [BrSi02], S. 3). War die Softwareentwicklung bis dahin geprägt durch prozedurales Denken, bei dem Daten und Funktionen weitgehend getrennt organisiert werden, eröffnet die objektorientierte Programmierung das Klassenkonzept. Das Klassenkonzept ermöglicht dem Softwareentwickler eigene Datentypen zu definieren, die neben den eigentlichen Daten auch die Funktionen oder Methoden auf die Daten beinhalten.

Somit erlaubt es die Objektorientierung sehr komplexe Klassen aufzustellen, die nach außen hin klar definierte Dienste anbieten und als Datenkapsel angesehen werden können (vgl. [Dene94], S.185). Durch dieses Konzept wird eine hohe Portabilität, Wiederverwendbarkeit und gute Wartbarkeit erzielt (vgl. [Ste00], S. 104).

Die Klasse stellt das zentrale Konzept der objektorientierten Programmierung dar. Sie beschreibt definitorisch eine Klasse von Objekten, ohne direkt Objekte zu generieren. Erst durch die Instanzierung von Objekten aus der Klasse heraus werden konkrete Datenobjekte generiert, die ein Abbild von realen Objekten darstellen (vgl. [SeGu00], S. 44).

Die softwaretechnische Umsetzung des Klassenkonzeptes erfolgt durch diverse Programmiersprachen, mit denen das objektorientierte Konzept konkret umgesetzt werden kann. Typische Vertreter sind C++, Java und neuerdings C# (vgl. [BrLo02], S. 98 ff.). Diese Programmiersprachen unterstützen zwar die Umsetzung von objektorientierten Projekten, nicht jedoch die Planung. Zur Konzeption von objektorientierten Anwendungen wurden verschiedene Ansätze verfolgt, wie z. B. die Object Modelling Technique (OMT), das Object-Oriented Software Engineering (OOSE) und die Methode nach *Booch*, die im Jahre 1997 zur Definition der **Unified Modeling Language** (UML) führten (vgl. [SeGu00], S. 2 und [MaOd99], S. 358 ff.). Damit steht mit der UML eine standardisierte Planungssprache für den objektorientierten Softwareentwurf zur Verfügung.

Unter UML werden verschiedene Diagramme mit textlichen Beschreibungen eingesetzt um die Zusammenhänge von Klassen und Objekten und deren Teilstrukturen zu visualisieren (vgl. [Neum98], S. 123). UML definiert Use-Case-, Aktivitäts-, Klassen-,

Sequenz-, Kooperations-, Zustands-, Implementierungs- und Paketdiagramme zur Spezifikation des Softwaresystems. Dabei sind die Diagramme unabhängig von der Implementierungssprache (vgl. [SeGu00], S. 15 ff. und [Burk99], S. 250).

Das **Use-Case-Diagramm** wird aufgestellt, um die beteiligten Akteure und deren Anwendungsfälle darzustellen. Dabei stellt der Akteur weniger eine bestimmte Person dar, sondern repräsentiert eine Rolle im System. Das Use-Case-Diagramm zeigt die externe Sicht auf das zu entwickelnde System. Es kann auf unterschiedliche Stufen verfeinert werden, wobei eine eigentliche Präzision der Datenstrukturen und Funktionen im Use-Case-Diagramm nicht erfolgt (vgl. [SeGu00], S. 19 und siehe Abb. 6-6).

Die im Use-Case-Diagramm dargestellten Anwendungs- oder Nutzungsfälle sind in sich abgeschlossene Prozesse. Die Nutzungsfälle setzen sich aus Aktivitäten zusammen, deren zeitliche Abfolgen im **Aktivitätsdiagramm** visualisiert werden. Hier werden die Aktivitäten als Oval und die Übergänge zwischen Aktivitäten mit Pfeilen dargestellt. Da die Ausführung von Aktivitäten häufig von Bedingungen abhängt, werden Entscheidungsaktivitäten eingeführt, die als Raute symbolisiert werden. Nebenläufige Aktivitäten, die zeitlich parallel ablaufen können, werden durch getrennte Zweige angezeigt und die Synchronisationspunkte durch einen Balken markiert (vgl. [SeGu00], S. 33).

Dem **Klassendiagramm** kommt zentrale Bedeutung zu, da mit ihm die Datenstruktur und die Methoden, aber auch die gegenseitigen Abhängigkeiten der Klassen modelliert werden. Die Symbolik zur Definition einer Klasse ist ein Rechteck, das im ersten Feld den Klassennamen trägt. In einem zweiten Feld des Rechtecks werden die Attribute einer Klasse mit ihren Datentypen und Wertebereichen verzeichnet und in einem dritten Feld die Funktionen (Methoden), die auf die Klasse anwendbar sind, skizziert. Da die Klassen in der Regel voneinander abhängig sind, werden Assoziationen zwischen Klassen durch Linien und Pfeile markiert (siehe Abb. 6-2).

Die Angabe der Kardinalitäten in der Assoziation erfolgt durch das Antragen der Kardinalitätszahl an der Linie. Die Kardinalität gibt an, wie viele Objekte der einen Klasse in Beziehung mit Objekten einer anderen Klasse stehen können (vgl. [Ste00], S. 115 und siehe Abb. 6-2).

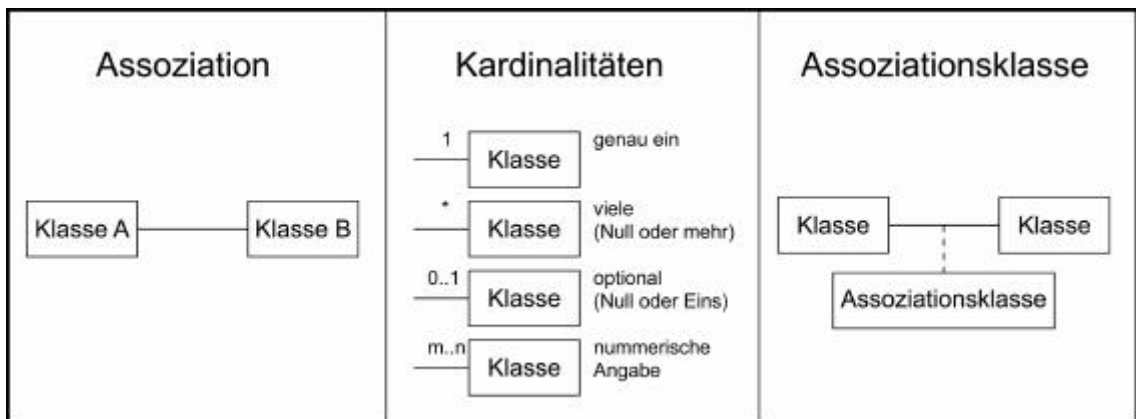


Abbildung 6-2 Assoziation und Kardinalität (aus [Steil00], S. 115)

Ein typisches Merkmal der objektorientierten Programmierung ist die Tatsache, dass Klassen in andere Klassen eingehen können: Die Rede ist von Vererbung. Bei einer Vererbung werden die Merkmale einer Klasse in eine andere übertragen. Dabei kann die erbende Klasse weitere zusätzliche Merkmale besitzen. Die Darstellung einer Vererbung erfolgt gemäß Abb. 6-3.

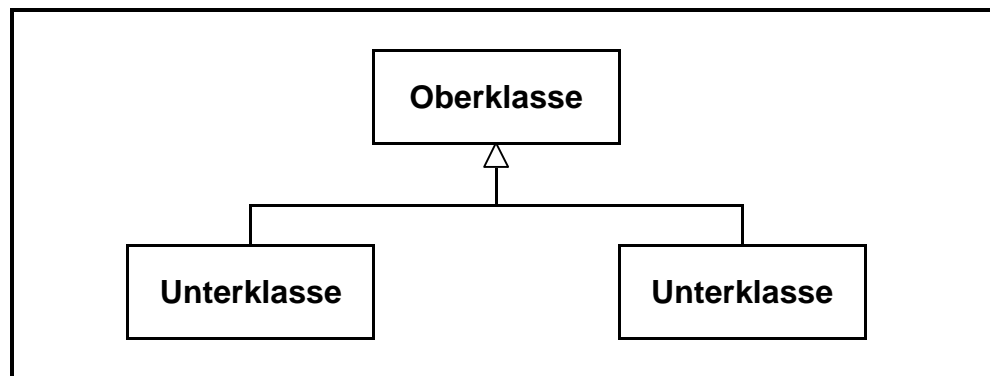


Abbildung 6-3: Darstellung der Vererbung (aus [Steil00], S. 116)

Um Objekte darzustellen, die in der Realität einer Hierarchie unterworfen sind, wie z. B. Baugruppen und Teile, werden die Assoziationstypen der Aggregation und der Komposition eingesetzt. Durch sie werden Objekte, die voneinander unabhängig sind, durch eine übergeordnete Klasse (Aggregat) verbunden. Können die Unterobjekte ohne die übergeordnete Klasse nicht existieren, spricht man von einer Komposition. In der UML werden zur Darstellung Rautensymbole verwendet (siehe Abb. 6-4).

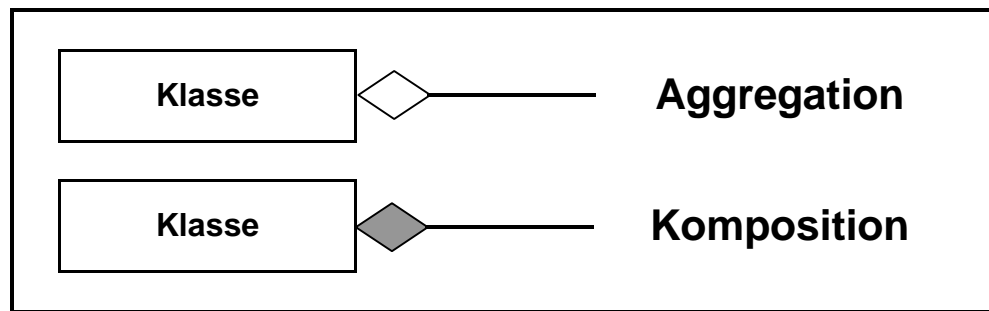


Abbildung 6-4: Aggregation und Komposition (aus: [Steil00], S. 116)

Zur Modellierung des dynamischen Verhaltens definiert die UML Sequenzdiagramme. Durch Sequenzdiagramme wird detailliert festgelegt, welche Objekte untereinander über Nachrichten kommunizieren. Dabei wird im Sequenzdiagramm insbesondere die Chronologie der gegenseitigen Aufrufe dargestellt. Jedes in einem Szenario beteiligte Objekt wird in einer Spalte verzeichnet. Die Nachrichten werden horizontal durch Pfeile symbolisiert und durch die Methoden, die sie repräsentieren beschrieben (vgl. [SeGu98], S. 90 und siehe Abb. 6-13).

Im Gegensatz zum Sequenzdiagramm wird im **Kooperationsdiagramm** nicht die Chronologie, sondern die Struktur des Nachrichtenaustausches zwischen Objekten aufgezeichnet. Als Grundlage dient das Klassendiagramm, das durch die Nachrichtenelemente ergänzt wird (vgl. [SeGu00], S. 88).

Der Schwerpunkt der Sequenzdiagramme liegt darin die Kommunikation der Objekte untereinander zu planen. Im **Zustandsdiagramm** hingegen werden die möglichen Zustände und Übergänge eines Objektes einer Klasse formuliert. Zur Darstellung des jeweiligen Objekteszustandes werden Knotenpunkte und zur Darstellung der Zustandsübergänge Pfeile eingesetzt (siehe Abb. 6-15). Durch die Verwendung von Verzweigungen können abhängig von Umweltzuständen alternative Zustandsübergänge erfolgen (vgl. [SeGu00], S. 103).

Implementierungsdiagramme dienen zur Darstellung und Planung der späteren Installation. In diesen Darstellungen wird festgelegt, welche Hardwarekomponenten (Server, PCs) mit welchen Softwarekomponenten bestückt werden (vgl. [Neum98], S. 217 ff.).

Im **Paketdiagramm** werden Klassen mit ihren Assoziationen zu Einheiten zusammengefasst. Das Paketdiagramm zeigt somit die Grundstruktur auf und gibt eine Orientierung in welchen Sektoren welche Klassen definiert sind. Es gibt auch für die spätere Implementierung vor, welche Klassen physisch gemeinsam auf einem Rechner liegen (vgl. [Burk99], S. 158).

Die UML liefert mit ihrer Diagrammtechnik einen Formalismus zur Beschreibung funktionaler Systeme. Sie stellt eine Spezifikationsprache dar, mit der einerseits konkrete Softwareprojekte geplant werden können, andererseits lässt sie sich einsetzen um Modelle generell zu entwerfen und zu dokumentieren. In diesem Sinne soll UML in dieser Arbeit genutzt werden um ein Vorgehensmodell zur Nutzenbewertung innovativer IT-Projekte zu definieren. Durch Softwaretools, die den Entwurf mit UML unterstützen wird die Planungsarbeit erheblich erleichtert. In dieser Arbeit wurde das System *Rational Rose-98 Enterprise Edition* eingesetzt, um das Vorgehensmodell zu formulieren (vgl. [Neum98], S. 445).

6.3 Anforderungen an das Vorgehensmodell

Der Erfolg von Unternehmen ist heute maßgeblich vom Einsatz an Innovationen generell und insbesondere von IT-Innovationen abhängig. Besonders in der IT-Branche vollzieht sich die Substitution von bestehenden Technologien durch Innovationen rasant schnell (vgl. [Alba99], S. VII und [PRWi98], S. 5). Die immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten für Hochtechnologie stellen somit auch an eine betriebswirtschaftliche Sichtweise neue und innovative Anforderungen. In der Wirtschaftsinformatik bearbeitet die Disziplin des IV-Controlling die Beurteilung und Bewertung von IT-Technologie (vgl. [KrBu94], S. 294 f. und [AuKr99], S. 177 ff.). Dabei werden im IV-Controlling Methoden und Systeme entwickelt, die den Informationsmanager im Unternehmen bei seiner täglichen Arbeit unterstützen (vgl. [KrBu00], S. 5). In der Praxis ist andererseits jedoch zu beobachten, dass das IV-Controlling mit seinen Methoden nur sehr zögerlich als Managementinstrument eingesetzt wird (vgl. [Hube99], S. 110 und [Horv98]). Ein Grund dafür ist, dass IV-Controlling mit einem nicht geringen Aufwand verbunden ist (vgl. [SEKu99], S. 510). Demnach müssen IT-Controllingprozesse ihrerseits effizient durchführbar sein und schnell plausible und richtige Daten liefern. Hierzu werden generell Vorgehensmodelle entwickelt, die den IT-Manager durch Analyseprozesse führen.

Das hier zu entwickelnde Vorgehensmodell soll dem IT-Manager im Wesentlichen eine schnelle und automatisierte Analyse seiner IT-Struktur ermöglichen und Projektvorschläge zur Verbesserung aufstellen. Ausgehend von einer Schwachstellenanalyse sollen problematische Bereiche, denen durch IT-Innovationen begegnet werden kann, im Unternehmen gefunden werden. Die einzelnen IT-Innovationen sollen durch eine automatisierte Nutzenanalyse bewertet werden können. Hierzu wird zunächst der Aufwand für die IT-Systeme analysiert und durch eine fuzzybasierte Nutzenanalyse bewertet. Durch den Einsatz von Fuzzy-Technik wird erreicht, dass eine nach außen hin transparente, aber intern nicht triviale Bewertung durchgeführt werden kann. Dies steigert die Effizienz der Gesamtbewertung erheblich.

6.4 Modellierung des Bewertungsprozesses

6.4.1 Darstellung des Bewertungsmodells

Nach den Anforderungen gemäß Kapitel 6.3 ergeben sich für den Analyseprozess zwei grobe Schritte. Im ersten Schritt werden bestehende Schwachstellen analysiert und bestimmt, durch welche IT-Innovationen diese eliminiert werden können. So repräsentiert das Ergebnis des ersten Schrittes eine Liste bestehend aus einem oder mehreren IT-Projekten, die den aufgedeckten Schwachstellen im Unternehmen begegnen oder Lücken in der IT-Versorgung füllen. In der vorliegenden Konzeption wird hierzu die Erfolgsfaktorenanalyse eingesetzt, da sie präzise auf diese Fragestellung abzielt (vgl. [Hein02], S. 381 ff.).

Nachdem die kritischen Erfolgsfaktoren ermittelt sind, werden IT-Projekte definiert. Dies wird im Vorgehensmodell durch eine Gegenüberstellung möglicher IT-Innovationen und der ermittelten Erfolgsfaktoren erreicht. So werden aus den kritischen Erfolgsfaktoren IT-Projekte abgeleitet. Dazu ist eine „Projektdatenbank“ im Vorgehensmodell nötig, deren Inhalte mit kritischen Erfolgsfaktoren assoziiert werden. Zur Darstellung wird ein objektorientierter Ansatz gewählt, bei dem die IT-Innovations-Projekte und die kritischen Erfolgsfaktoren durch eine Klasse formuliert werden. Die Assoziation von Projekt zu Erfolgsfaktor wird durch eine eigene Assoziationsklasse, welche die Zusammengehörigkeit von Objekten repräsentiert, dargestellt (vgl. [SeGu00], S. 57).

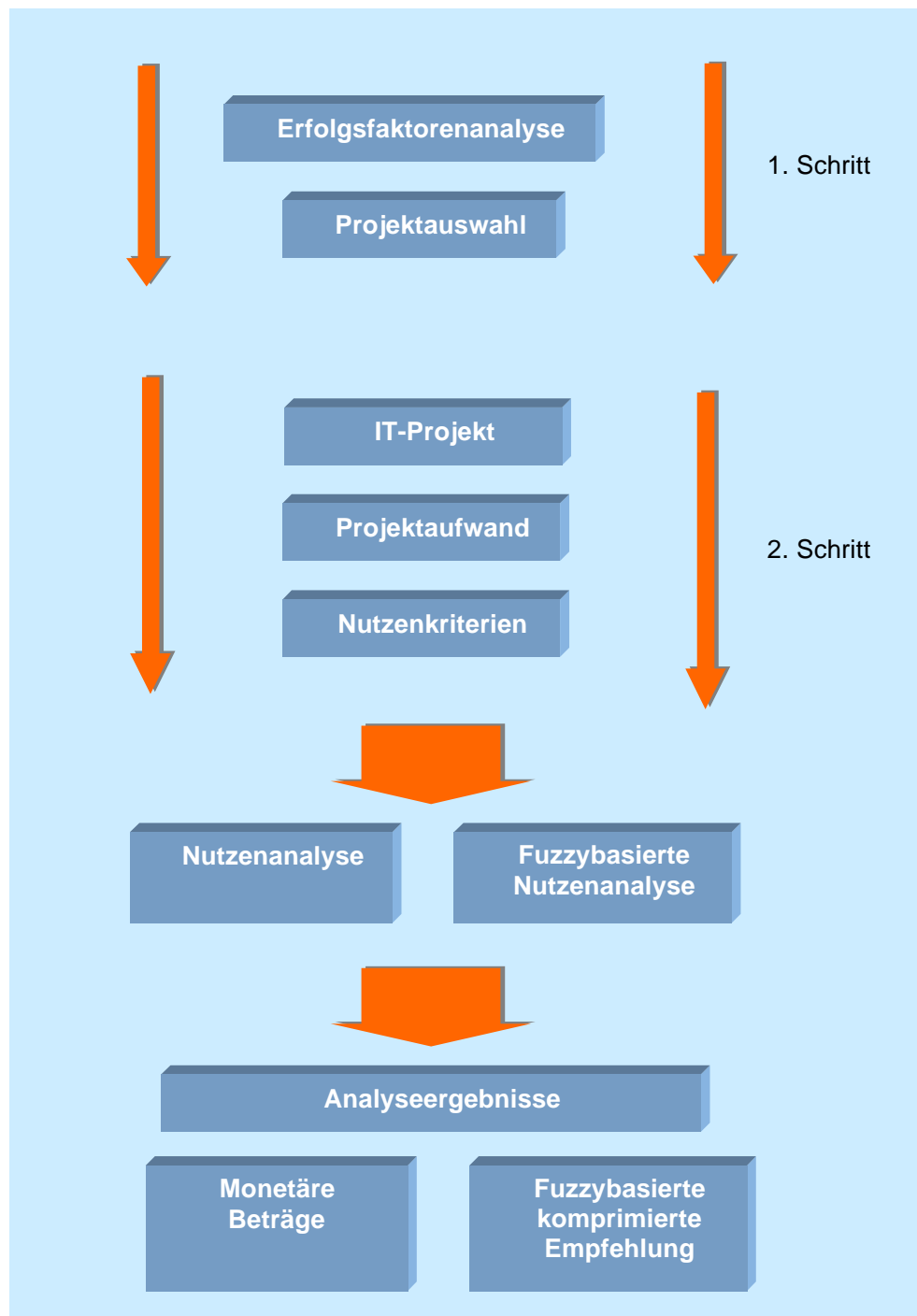


Abbildung 6-5: Vorgehensmodell

Nachdem ein oder mehrere IT-Projekte formuliert worden sind, werden diese bezüglich ihrer Nutzenwirkung analysiert. Aus den evaluierten Erfolgsfaktoren können die eigentlichen Nutzenkriterien abgeleitet, in einer fuzzybasierten Nutzenanalyse bewertet und daraus das Endergebnis aufgestellt werden (siehe Abb. 6-5). Die fuzzybasierte Nut-

zenanalyse setzt dabei auf dem Konzept gemäß Kapitel 5.2 auf. Neben der fuzzybasierten Nutzenanalyse soll zum Vergleich auch die Nutzenanalyse in traditioneller Form angeboten werden, wie sie in Kapitel 3.2.2.2 beschrieben wurde.

6.4.2 Spezifikation mittels UML

Die weitere Konzeption des Vorgehensmodells wird anhand der objektorientierten Notation UML dargestellt. Durch diese Metasprache wird ein systematischer und einheitlicher Entwurf ermöglicht. Die Darstellung in UML umfasst hier die Use-Case-Analyse, die Systemarchitektur, die Funktionale Analyse, die Ablaufstruktur und die Darstellung der Zustandsdiagramme. Diese Vorgehensweise zum objektorientierten Entwurf wird in Anlehnung an *Neumann* gewählt (vgl. [Neum98], S. 232 ff.).

6.4.2.1 Use-Case-Analyse und Systemverhalten

In der Use-Case-Analyse werden die agierenden Personen (Aktoren) und deren Nutzungsfälle skizziert. Ein Nutzungsfall ist eine in der Regel zusammenhängende Kette von Interaktionen zwischen Benutzer und System und beschreibt typische Benutzungssituationen des Systems. In der vorliegenden Problemstellung existieren ein Aktor und sechs relevante Nutzungsfälle N1 bis N6 gemäß Abb. 6-6.

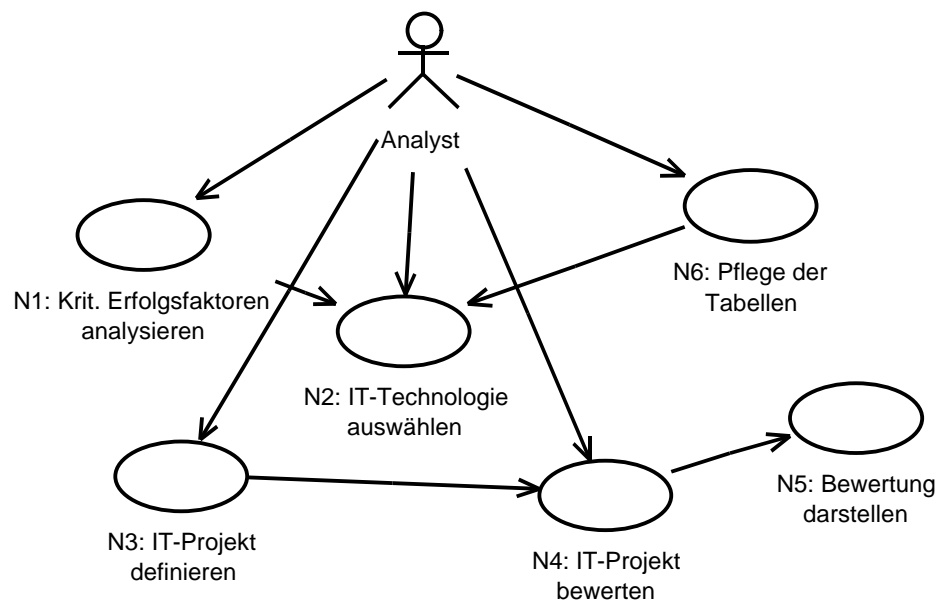


Abbildung 6-6: Use-Case-Diagramm

Der Nutzungsfall N6 ist für die Pflege von Basistabellen, wie z. B. IT-Technologie, Erfolgsfaktoren und Nutzenkriterien vorgesehen und soll nicht weiter dargestellt werden. Die Nutzungsfälle N1 bis N5 gliedern sich weiter in elementare Nutzungsfälle gemäß Tabelle 6-1 auf.

Tabelle 6-1: Nutzungsfälle

Nutzungsfall	elementare Nutzungsfälle
N1: Kritische Erfolgsfaktoren-analyse durchführen	N11: Fragebogen erstellen N12: Befragung moderiert durchführen N13: Sammeln und Erfassen der Antworten N14: Bestimmen der Parameter Erfolg, Gesamterfolg und Leistungsdifferenz N15: Aufstellen der kritischen Erfolgsfaktoren
N2: IT-Technologie auswählen	N21: Vorschlag aus Tabelle der Gegenüberstellung von Erfolgsfaktor und IT-Technologie ableiten N22: Projekte vorschlagen und eventuell ergänzen
N3: IT-Projekte definieren	N31: Allgemeine Projektdaten anlegen N32: Nutzenkriterien ermitteln N33: Synergiewirkungen ermitteln N34: Aufwand ermitteln
N4: IT-Projekte Nutzenbewertung durchführen	N41: Nutzenkriterien bewerten und gewichten N42: Nutzenbewertung durchführen
N5: Bewertung darstellen	N51: IT-Projektdaten anzeigen N52: Ergebnis Nutzenanalyse anzeigen

Eine nähere Spezifikation der elementaren Nutzungsfälle erfolgt durch die Aufstellung der Szenarien, die später als Grundlage für die Sequenzdiagramme in der Ablaufmodellierungen dienen (vgl. [SeGu00], S. 75). Da die Nutzungsfälle die wesentlichen Schritte des Vorgehensmodells beinhalten, werden diese im folgenden näher dargestellt.

N1: Kritische Erfolgsfaktorenanalyse durchführen

Die Erfolgsfaktorenanalyse als Instrument zur Analyse von Schwachstellen der IT-Struktur basiert auf einer Befragung der Mitarbeiter. Im Nutzungsfall N1 wird diese Befragung durchgeführt. Hierzu wird ein Fragebogen entwickelt, der später an die Mitarbeiter versandt wird. Der Fragebogen ist individuell für jedes Unternehmen aufzustellen und enthält die spezifischen Erfolgsfaktoren der zu betrachtenden IT-Struktur. Dabei können die für das Unternehmen relevanten Erfolgsfaktoren aus einem Standardkatalog, der von *Rockart* vorgeschlagen wurde, ausgewählt oder direkt in den Fragebogenentwurf eingetragen werden (vgl. [Hein02], S. 382 f.). Das Kreieren des Fragebogens erfolgt im Nutzungsfall N11 (siehe Tab. 6-2). Konkret wird hinterfragt, welche Priorität die Erfolgsfaktoren in Bezug auf den Erfolg des Unternehmens haben, wie gut die Erfolgsfaktoren ausgeführt werden und wie der Gesamterfolg der Informationsverarbeitung eingeschätzt wird.

Tabelle 6-2: Spezifikation Fragebogen erstellen (N11)

N11	Fragebogen erstellen
Nr.	Aktion
1	Das System zeigt einen leeren Fragebogen zur Erfolgsfaktorenanalyse an.
2	Der Bediener wählt aus einem Pull-Down Menü nacheinander die relevanten Erfolgsfaktoren, die in der Befragung eingesetzt werden sollen, aus.
3	Das System stellt die Auswahl dar.
4	Der Bediener ergänzt eventuelle individuelle Erfolgsfaktoren.
5	Der Bediener akzeptiert den Fragebogen für die Erfolgsfaktorenanalyse.

Im Nutzungsfall N12 wird die Umfrage unter den Mitarbeitern angestoßen. D. h., für jeden für die Befragung ausgewählten Mitarbeiter wird ein nach N11 entworfener Fragebogen gedruckt oder elektronisch generiert. Anschließend werden die Fragebogen versandt und eine Betreuung der Befragten angeboten (siehe Tab. 6-3). Die Betreuung dient zur Klärung von Unklarheiten bei der Befragung und kann persönlich oder über elektronische Kommunikation erfolgen. Eine Auswahl möglicher Technologien zur Kommunikation findet man bei *Pribilla et al.* (vgl. [PRGo96], S. 31 ff.).

Tabelle 6-3: Spezifikation Befragung moderiert durchführen (N12)

N12	Befragung moderiert durchführen
1	Der Analyst generiert für jeden zu Befragenden einen Fragebogen (in elektronischer Form oder auf Papier).
2	Der Fragebogen wird versandt (in elektronischer Form oder auf Papier).
3	Der Befragte wird persönlich betreut (in elektronischer Form oder per Konsultation).

Nachdem in N12 die Befragung initiiert und durchgeführt wurde, erfolgt im Nutzungsfall N13 das Sammeln und Aufbereiten der ausgefüllten und zurückgelaufenen Fragebogen. Dabei wird auch die Vollständigkeit und Plausibilität der Antworten geprüft.

Tabelle 6-4: Spezifikation Sammeln und Erfassen der Antworten (N13)

N13	Sammeln und Erfassen der Antworten
1	Der Analyst empfängt einen ausgefüllten Fragebogen.
2	Der Fragebogen wird auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft.
3	Der ausgefüllte Fragebogen wird erfasst (Maske) oder in elektronischer Form übernommen.

Im Nutzungsfall N14 und N15 wird die eigentliche Erfolgsfaktorenanalyse durchgeführt. Hierzu werden die wesentlichen Kennzahlen Erfolg, Gesamterfolg und Leis-

tungsdifferenz bestimmt und in N15 die kritischen Erfolgsfaktoren als Ergebnis aufgestellt (siehe Tab. 6-5 und Tab. 6-6).

Tabelle 6-5: Spezifikation Bestimmen der Parameter Erfolg, Gesamterfolg und Leistungsdifferenz (N14)

N14	Durchführen der Analyse
1	Der Analyst startet die Ausführung der Analyse.
2	Das System ermittelt für jeden Erfolgsfaktor den Erfolg.
3	Das System ermittelt für jeden Erfolgsfaktor den Gesamterfolg.
4	Das System ermittelt für jeden Erfolgsfaktor die Leistungsdifferenz.
5	Das System stellt die Ergebnisse dar.

Tabelle 6-6: Spezifikation Aufstellen der kritischen Erfolgsfaktoren (N15)

N15	Aufstellen der kritischen Erfolgsfaktoren
1	Das System ermittelt die kritischen Faktoren.
2	Das System stellt die kritischen Faktoren dar.

Die Einzelheiten zur Berechnung der Kennzahlen und zur Aufstellung des Ergebnisses wurden in Kapitel 3.2.3.1 umrissen und sind detailliert beschrieben bei *Heinrich*, so dass an dieser Stelle auf diese Quellen verwiesen wird (vgl. [Hein02], S. 387 ff.).

N2: IT-Technologie auswählen

Die Erfolgsfaktorenanalyse liefert Schwachstellen im Unternehmen, die durch entsprechende IT-Technologien eliminiert werden können. Im Vorgehensmodell wird eine Assoziation von Erfolgsfaktoren und IT-Projekten durchgeführt, welche im Nutzungsfall N2 (Unterschritt N21) genutzt wird, um aus den kritischen Erfolgsfaktoren IT-Projekte abzuleiten. So könnte z. B. dem kritischen Erfolgsfaktor eines „Informations-

defizites beim Kunden“ durch die IT-Innovation „Content Management System“ begegnet werden (vgl. [KJOf01], S. 160). Die Verbindung von Erfolgsfaktor und IT-Technologie stellt die Basis dar, mit der das System Projektvorschläge generieren kann. Diese Datenbasis muss permanent gepflegt und aktualisiert werden.

Tabelle 6-7: Spezifikation Vorschlag aus Tabelle der Gegenüberstellung von Erfolgsfaktor und IT-Technologie ableiten (N21)

N21	Vorschlag aus Tabelle der Gegenüberstellung von Erfolgsfaktor und IT-Technologie ableiten
1	Der Analyst fordert vom System Projektvorschläge an.
2	Das System ermittelt aus einer Tabelle, welche kritischen Erfolgsfaktoren mit welcher IT-Innovation begünstigt werden können.
3	Das System generiert, je nach Umfang und Qualität der Gegenüberstellungstabelle, Vorschläge für IT-Projekte.

Im Nutzungsfall N22 werden die automatisch vorgeschlagenen IT-Projekte vom Analysten beurteilt und für die weitere Betrachtung freigegeben oder verworfen. Zusätzlich können manuell Projekte ergänzt werden (siehe Tab 6-8).

Tabelle 6-8: Spezifikation Projekte vorschlagen und eventuell ergänzen (N22)

N22	Projekte vorschlagen und eventuell ergänzen
1	Das System zeigt Projektvorschläge und tangierte Erfolgsfaktoren an.
2	Der Bediener löscht u. U. Projektvorschläge.
3	Der Bediener ergänzt u. U. Projekte.

N3: Projekte definieren

Die in N2 generierten Projekte werden im Nutzungsfall N3 näher spezifiziert. Zuerst wird das Projekt in N31 angelegt und Rahmendaten erfasst. Hierzu zählt z. B. der Projekttitle, die Projektbeteiligten und der Zeitrahmen für das Projekt (siehe Tab. 6-9).

Tabelle 6-9: Spezifikation Allgemeine Projektdaten anlegen (N31)

N31	Allgemeine Projektdaten anlegen
1	Der Bediener startet die Anlage eines Projektes.
2	Das System fragt Projekttitel und Projektzeitraum ab.
3	Das System fragt nach beteiligten Personen und Abteilungen.
4	Das System fragt nach Anmerkungen.

Im Nutzungsfall N32 können für das zu beurteilende Projekt die Nutzenkriterien automatisch generiert werden. Dies ist möglich, da dem System die Erfolgsfaktoren, die das Projekt begünstigen, bekannt sind. Über diese werden mögliche Nutzenkriterien aus einem Nutzenkatalog ausgewählt. Eine Grundstruktur von Nutzenkriterien ist in Anhang A als Nutzenkatalog gegeben. Die Nutzenkriterien lassen sich mit den kritischen Nutzenfaktoren assoziieren. Dadurch ist es möglich, dass das System über diese Zuordnung Nutzenkriterien automatisch aufstellt. So ließen sich zum Beispiel vom kritischen Erfolgsfaktor „Informationsdefizit beim Kunden“, der zum Projekt „Content Management System“ führte, die Nutzenkriterien „Beschleunigung der Produktpräsentation“, „Qualitätssteigerung der Produktpräsentation“ und „Flexibilitätserhöhung der Produktpräsentation“ automatisch ableiten. Im Nutzungsfall N32 können zusätzlich manuelle Nutzenkriterien ergänzt werden.

Tabelle 6-10: Spezifikation Nutzenkriterien ermitteln (N32)

N32	Nutzenkriterien ermitteln (über Technologiepotenziale und Unternehmensprozesse)
1	Der Bediener ruft die Erfassung der Nutzenkriterien auf.
2	Das System zeigt die als kritisch analysierten Erfolgsfaktoren an und stellt sie, mit diesen zusammenhängenden Nutzenkriterien, entnommen aus einem allgemeinen Nutzenkatalog, dar.
3	Der Bediener bestätigt das vorgeschlagene Nutzenkriterium.
4	Der Bediener ergänzt u. U. manuell Nutzenkriterien.
5	Der Bediener schließt die Erfassung ab.

Da Nutzenkriterien sich gegenseitig beeinflussen können, werden mögliche Interdependenzen im Nutzungsfall N33 erfasst. Hierzu wird eine Matrixdarstellung gewählt, welche den Einfluss eines Kriteriums auf ein anderes darstellt (siehe Kapitel 3.1.3).

Tabelle 6-11: Spezifikation Synergiewirkungen ermitteln N33

N33	Synergiewirkung ermitteln
1	Das System zeigt sämtliche aufgestellten Nutzenkriterien in einer Tabelle gemäß Tab. 3-1 auf.
2	Der Bediener trägt in die Kreuzungspunkte von Zeilen und Spalten die Verstärkungsfaktoren ein.
3	Der Bediener schließt die Erfassung ab.

Zur weiteren Planung des IT-Projektes dient der Nutzungsfall N34, in dem das IT-Projekt in seinen einzelnen Komponenten beschrieben wird. Dies kann auf der Grundlage der Komponenten-Datenbasis oder manuell erfolgen. Durch die Erfassung des Aufwandes kann später der Gesamtaufwand für das Projekt ermittelt werden, der in die Nutzenbewertung einfließt.

Tabelle 6-12: Spezifikation Aufwand ermitteln N34

N34	Aufwand ermitteln
1	Das System zeigt mögliche Technologiekomponenten des IT-Projektes auf.
2	Der Bediener bestätigt die Komponente.
3	Der Bediener trägt die Kosten für die jeweilige technische Komponente ein bzw. übernimmt diese aus dem Vorschlag.
4	Der Bediener schließt die Erfassung ab.

N4: IT-Projekte Nutzenbewertung durchführen

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse der Projekte wird in zwei Teilschritten durchgeführt. Im Teilschritt N41 werden die Nutzenkriterien, die im Schritt N32 aufgenommen wurden

kategorisiert und monetär bewertet. Dies erfolgt durch den Analysten, der entscheidet, welcher Nutzenkategorie (direkter, indirekter und schwer fassbarer) das jeweilige Kriterium zugeordnet wird. Weiterhin gibt er vor, welchen monetären Nutzenwert er dem Kriterium zuordnet.

Tabelle 6-13: Spezifikation Nutzenkriterien bewerten und gewichten N41

N41	Nutzenkriterien bewerten und gewichten
1	Der Bediener startet die Nutzenbewertung.
2	Der Benutzer trägt für jedes analysierte Nutzenkriterium den erwarteten monetären Nutzen ein.
3	Der Benutzer kategorisiert das Nutzenkriterium (siehe Kapitel 4).
4	Das System berechnet, wenn vorhanden, die Synergiewirkungen.
5	Der Bediener schließt die Erfassung ab.

Unter dem Nutzungsfall N42 wird die Nutzenanalyse durchgeführt. Das Vorgehen zur fuzzybasierten Analyse wurde explizit im Kapitel 5.2 und das der Nutzenanalyse in Kapitel 3.2.2.2 dargestellt, die methodisch für den Nutzungsfall N42 unterstellt werden.

Tabelle 6-14: Spezifikation Nutzenbewertung durchführen N42

N42	Nutzenbewertung durchführen
1	Der Bediener startet die Nutzenbewertung.
2	Das System kumuliert über die Nutzenkategorien.
3	Das System ermittelt den gesamten Projektaufwand.
4	Das System berechnet die relativen Deckungsbeiträge.
5	Das System fuzzifiziert die relativen Deckungsbeiträge.
6	Das System berechnet Zugehörigkeiten zu Ergebnisgruppen sehr gut, gut und schlecht über die Regelbasis.
7	Das System formuliert das fuzzifizierte Endergebnis.

N5: Bewertung darstellen

Der Nutzungsfall N5 dient zur Anzeige und Ausgabe der Analyseergebnisse. Er teilt sich auf in N51 zur Anzeige der Daten zu den IT-Projekten und in Nutzungsfall N52, über den die Ergebnisse der Nutzenanalyse ausgegeben werden (siehe Tab. 6-15 und Tab. 6-16).

Tabelle 6-15: Spezifikation IT-Projektdatei anzeigen N51

N51	IT-Projektdatei anzeigen
1	Der Bediener startet die Auswertung.
2	Das System zeigt die erfassten allgemeinen Daten an.
3	Das System zeigt die aufgestellten Nutzenkriterien an.
4	Der Bediener schließt die Erfassung ab.

Tabelle 6-16: Spezifikation Ergebnis Nutzenanalyse anzeigen N52

N52	Ergebnis Nutzenanalyse anzeigen
1	Der Bediener startet die Auswertung.
2	Das System zeigt die Daten der Nutzenanalyse an.
3	Das System zeigt das Ergebnis der Fuzzy-Nutzenanalyse an.

Durch die Spezifikation der Nutzungsfälle ist die Schnittstelle zum Modellbenutzer definiert und damit die externe Sicht auf das System formuliert. In der Systemarchitektur wird anschließend die weitere Strukturierung des Systems dargestellt (vgl. [Neum98], S. 97 und S. 196).

6.4.2.2 Systemarchitektur

Die Darstellung der Systemarchitektur erfolgt durch zwei wesentliche Pakete. Zum einen durch das Prozessmodell, das die Analyse- und Nutzenbewertungsprozesse funktional beschreibt und zum anderen durch das Datenmodell, das die Datenklassen zu den entsprechenden Datenobjekten beinhaltet. Das Prozessmodell besteht seinerseits aus den

Paketen *Erfolgsfaktorenanalyse*, *IT-Projekt auswählen*, *Projektaufwand* und *Nutzenanalyse*. Zusammengeführt werden die Funktionspakete durch die Systemsteuerung, die die Basismenüs und Pflegefunktionalitäten beinhalten (siehe Abb. 6-7).

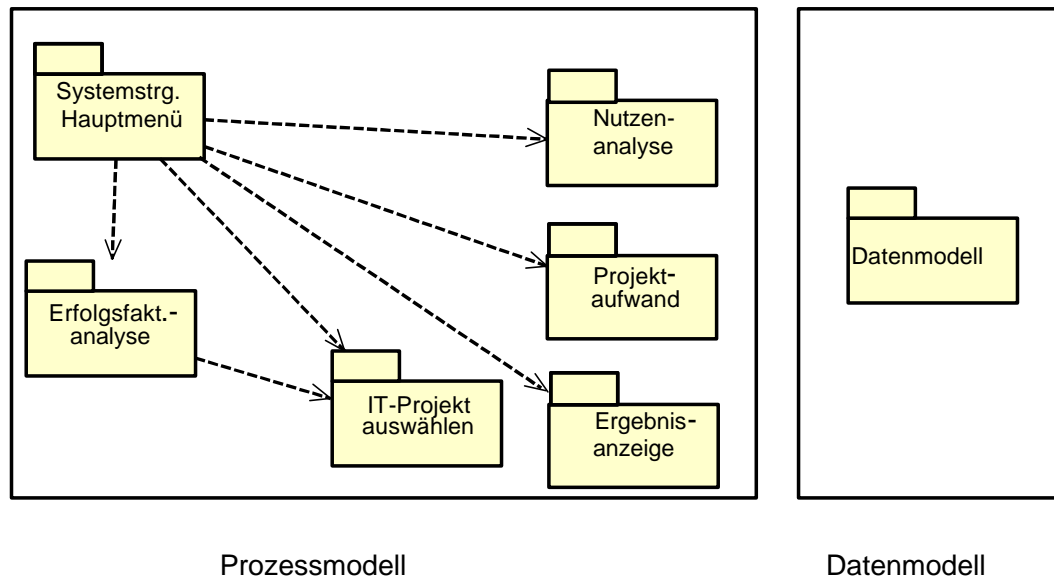


Abbildung 6-7: Prozess- und Datenmodell

Zur Gestaltung der Benutzeroberflächen werden Eingabemasken und Navigationsknöpfe (Buttons) eingesetzt. Diese Elemente sollen selbsterklärend gestaltet werden. Zur Angabe von booleschen Werten werden Kontrollkästchen bzw. Radiobuttons eingesetzt. Die Darstellung von vorgegebenen Eingabewerten erfolgt über Pulldown Menüs bzw. Listfelder.

6.4.2.3 Funktionale Analyse

Im Entwurfsschritt der funktionalen Analyse wird insbesondere das Datenmodell durch die Bildung von Objektklassen aufgestellt und deren gegenseitige Abhängigkeiten wie Hierarchien und Vererbungsbeziehungen aufgezeigt. Im Wesentlichen werden im Beratersystem die Klassen *Erfolgsfaktoren*, *IT-Innovationen*, *ERFAN-Fragebogen*, *IT-Projekt*, *IT-Nutzen-speziall*, *Projektanalyse* und *IT-Projekte* benötigt (siehe Abb. 6-8).

Objektklasse: Erfolgsfaktoren

In der Objektklasse Erfolgsfaktoren werden datenseitig sämtliche möglichen IT-Erfolgsfaktoren abgelegt. Als erster Ansatz hierzu dient der Katalog nach *Rockart*, der jedoch durch im Unternehmen selbst zu definierende Erfolgsfaktoren ergänzt werden muss (vgl. [Hein02], S. 383 und [Daum95], S. 37 ff.). So sollte diese Objektklasse durch Erfolgsfaktoren der Unternehmung, wie z. B. Qualitätssicherung, Wettbewerbsfähigkeit oder Virtualisierung der Unternehmensorganisation bereichert werden (vgl. [Ahls95], S. 27 ff; [Ihde95], S. 51 ff. und [ReMö97], S. 83). Für jeden Erfolgsfaktor wird dessen Bezeichnung (ERFBez) und ein eindeutiger Schlüssel (ERFId) in einem Datenfeld festgelegt.

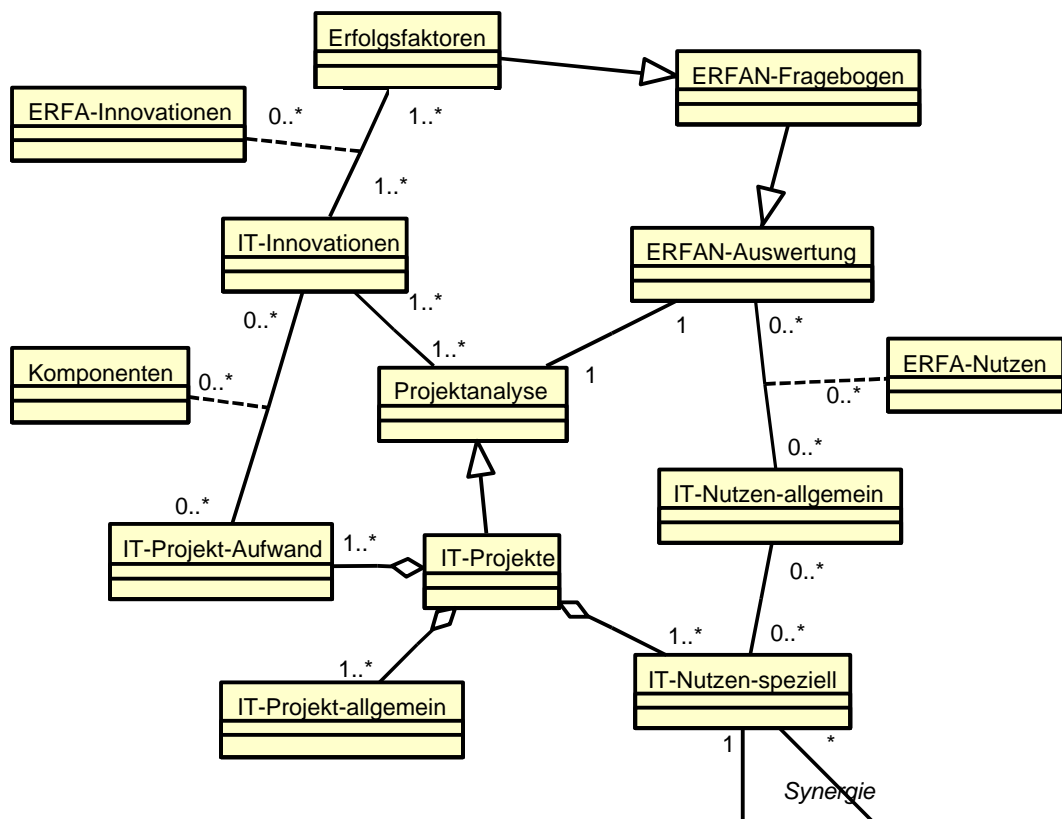


Abbildung 6-8: Objektklassendiagramm

Objektklasse: ERFAN-Fragebogen

Die Klasse *Erfolgsfaktoren* wird an die Klasse *ERFAN-Fragebogen* vererbt, die ihrerseits sämtliche ausgegebenen und zurückgegebenen Fragebogen umfasst. In der Fragebogenklasse wird der für die individuelle Analyse nötige Fragebogen auf der Basis der Erfolgsfaktoren generiert. Neben den geerbten Datenelementen aus der Klasse *Erfolgsfaktoren* werden für jede Frage die Priorität (ERFPri), die Leistung (ERFLei) und der Erfolg (ERFErf) für die Antwortdaten angelegt. Hierbei handelt es sich um jeweils Ganzzahlenfelder mit der Domäne von 1 bis 7 (vgl. [Hein02], S. 386 f.). Jeder generierte Fragebogen wird durch ERFId identifiziert.

Objektklasse: IT-Innovationen

Die Klasse *IT-Innovationen* beinhaltet mögliche IT-Projekte, die hier jedoch noch nicht näher spezifiziert werden. Diese Klasse dient als Pool von Projektideen, aus dem später ein konkretes Projekt, das letztendlich genauer geplant und bewertet wird, abgeleitet wird. In den Datenstrukturen eines Objektes dieser Klasse werden konkrete IT-Innovationen abgelegt. So wäre hier z. B. die VR-Technologie, Electronic-Commerce, Dokumentverwaltung durch SGML, Telekooperation etc. verzeichnet (vgl. [Dobs99], S. 5-6; [Scho99b], S. 564; [Scho99a], S. 1346 ff. und [KJKB98], S. 121 ff.). Als weiteres Beispiel für eine IT-Innovation sei hier die Einführung eines Data-Warehouse-Systems zu nennen, das seinerseits ein Controlling-Instrument für das Management darstellt (vgl. [BaFr99], S. 148; [SiUh98], S. 481 und [UhKo99], S. 462).

Eine Querverbindung zu den Erfolgsfaktoren wird über die Beziehungsklasse *ERFA-Innovationen* hergestellt. Durch sie können IT-Projekte einem oder mehreren Erfolgsfaktoren zugeordnet werden. Somit können in anderer Richtung, ausgehend von schwachen Erfolgsfaktoren, IT-Projekttempfehlungen abgeleitet werden. Die Klasse *IT-Innovationen* verfügt als Datenelement nur über eine Beschreibung der IT-Innovation (InoBez) und einen Identifikationsschlüssel (InoId). Eine Ergänzung dieser Datenstruktur durch einzelne Projektkomponenten wird nötig, wenn aus ihr im zweiten Analyseschritt der konkrete Projektaufwand ermittelt wird. D. h., für jede geführte IT-Innovation werden typische Technikkomponenten mit Leistungskriterien und Marktpreisen abgelegt. Die Assoziation zu später definierten Projekten erfolgt dann über die Klasse *Komponenten*.

Objektklasse: ERFAN-Auswertung

Die Klasse *ERFAN-Auswertung* beinhaltet die Datenelemente, die in der Erfolgsfaktorenanalyse als Ergebnisdaten generiert werden. Im Wesentlichen ist dies eine Datenstruktur zur Darstellung der Prioritäten und zur Darstellung der Leistungsdifferenz (vgl. [Hein02], S. 387 f.). Die Klasse verfügt weiterhin über die relevanten Methoden zur Durchführung der Erfolgsfaktorenanalyse, wie z. B. Methoden zur Kumulation der zurückgelieferten Antworten und zur Berechnung von Erfolg, Priorität und Leistungsdifferenz. In die Klasse *ERFAN-Auswertung* geht als Kompositionsklasse die *ERFAN-Fragebogen-Klasse* ein (vgl. [Burk99], S. 45).

Objektklasse: Projektanalyse

In der Klasse *Projektanalyse* werden die schwachen Erfolgsfaktoren ausgewählt und diese über die Kreuztabelle *ERFA-Innovationen* mit *IT-Innovationen* gegenübergestellt (siehe Abb. 6-8). Als Ergebnis werden in dieser Klasse ein oder mehrere IT-Projekte vorgeschlagen, die später in der Klasse *IT-Projekte* spezifiziert und auf Nutzwirkung analysiert werden. Als Datenstruktur beinhaltet die Klasse *Projektanalyse* eine Tabelle der als sinnvoll analysierten Projekte (ProErg).

Objektklasse: IT-Projekte

Die Klassenstruktur *IT-Projekte* ist der zentrale Punkt zur Definition konkreter IT-Projekte (siehe Abb. 6-8). Diese Projekte werden entweder aus der Klasse *Projektanalyse* initiiert oder werden direkt vom Analysten über die Klasse *IT-Projekte* angelegt. Die wesentliche Funktion der Klasse *IT-Projekte* ist es, die Projektdaten zu administrieren. So sind hier Basismethoden zum Anlegen und Löschen von IT-Projekten, zum Aufruf der Nutzenanalyse und zur Ergebnisdarstellung angesiedelt. *IT-Projekte* aggregiert mehrere Unterklassen, welche die jeweiligen Analyseschritte unterstützen. Insbesondere wird die Klasse *IT-Nutzen-spezial* aggregiert, in der die Methoden und Datenstrukturen für die fuzzybasierte Nutzenanalyse zu finden sind. Als Identifikationsschlüssel wird *ProId* zur Identifikation eines initiierten Projektes verwendet.

Objektklasse: IT-Projekt-allgemein

In der Datenstruktur *IT-Projekt-allgemein* werden Rahmendaten zu einem geplanten Projekt gebildet (siehe Abb. 6-8). In dieser Klasse werden datenmäßig die Projektbe-

teiligten, die Zeiträume und eine kurze Projektskizze abgelegt. Die Methoden dieser Klasse beschränken sich auf das Eintragen und Pflegen der allgemeinen Projektdaten. Die Identifikation eines Projektes erfolgt über *ProId*.

Objektklasse: IT-Projekt-Aufwand

Die Klasse *IT-Projekt-Aufwand* dient zur Analyse der Projekteinkomponenten und der Bestimmung und Aufzeichnung ihres Aufwandes (siehe Abb. 6-8). Die Erfassung dieser Einzelkomponenten kann entweder direkt durch den Anwender durch Eingabe, vom System gestützt, oder über die Assoziationsklasse *Komponenten* erfolgen. In der zweiten Variante existiert ein Katalog mit bewerteten Einzelkomponenten, die dem Benutzer zur Auswahl vorgeschlagen werden. Durch die Klasse *IT-Projekt-Aufwand* wird einerseits das IT-Projekt skizziert und andererseits dessen Aufwand analysiert.

Objektklasse: IT-Nutzen-spezial

Die Klasse *IT-Nutzen-spezial* bildet die gesamte Nutzenbewertung für ein Einzelprojekt ab (siehe Abb. 6-8). Die Klasse *IT-Nutzen-spezial* assoziiert den allgemeinen Nutzenkatalog aus der Klasse *IT-Nutzen-allgemein*. Aus ihr werden Nutzenkriterien übernommen und durch vom Benutzer eingegebene ergänzt. Eine wesentliche Datenstruktur entsteht durch die speziellen Nutzenkriterien, die in *SpeNut* geführt werden. Sie sind die Grundlage für die spätere Nutzenanalyse. Um den Analysten bei der Bestimmung der Nutzenkriterien zu unterstützen, wird eine Kreuzverbindung zwischen den analysierten schwachen Erfolgsfaktoren und dem allgemeinen Nutzenkatalog hergestellt. Dies erfolgt durch die Beziehungsklasse *ERFA-Nutzen*.

Durch diese Verbindung kann ein Zusammenhang zwischen einem Erfolgsfaktor und einem Nutzenkriterium geknüpft werden. Wird z. B. in der Analyse der Erfolgsfaktor *innerbetriebliche Kommunikation* als kritisch eingestuft, so würden die Nutzenkriterien *schnellere Kommunikation* und *bessere Kommunikation* assoziiert werden.

6.4.2.4 Ablaufstruktur

Zur Darstellung der Ablaufstruktur werden Ablaufrahmendiagramme eingesetzt. Für jeden Teilprozess aus Abbildung 6-7 wird eine Spezifikation, die aus den Standardkomponenten Interface, Steuerung und Services besteht, aufgestellt (vgl. [Neum98], S.

251). In den Interfaceklassen sind insbesondere die Methoden und Daten zur Bildschirmkommunikation untergebracht. Hier werden auch u. U. Plausibilitätskontrollen von Eingabedaten durchgeführt. Die Steuerungsklasse ist jeweils für die Ablaufsteuerung des Teilprozesses zuständig. Über sie werden die einzelnen Services aktiviert, in deren Klassen letztendlich die Funktionalitäten der jeweiligen Prozesse abgebildet sind. Die Abbildungen 6-9 bis 6-12 zeigen die jeweiligen Ablaufrahmendiagramme der Module *Erfolgsfaktorenanalyse*, *IT-Projekt auswählen*, *Projektaufwand* und *Nutzenanalyse*, die nach dem oben skizzierten Schema konstruiert sind. Auf die Darstellung des Moduls *Systemsteuerung-Hauptmenü* wurde hier verzichtet.

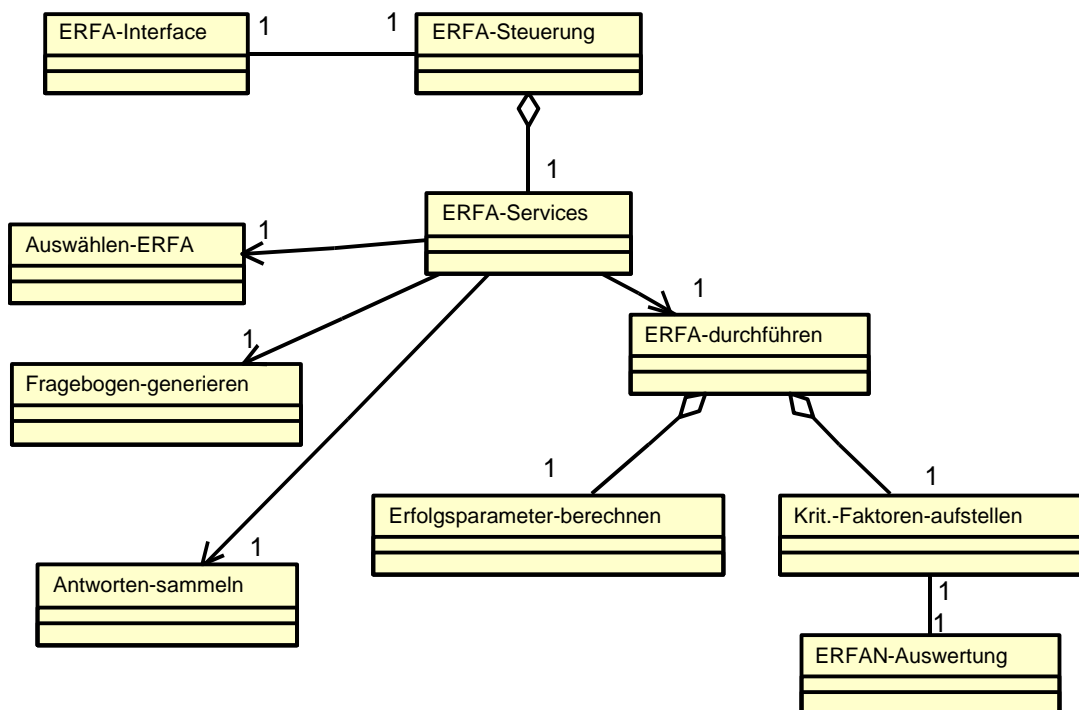


Abbildung 6-9: Ablaufrahmendiagramm Erfolgsfaktorenanalyse

Wie oben beschrieben handelt die Interfaceklasse *ERFA-Interface* die Benutzerkommunikation ab. Die in ihr implementierten Methoden werden aus denen in der *ERFA-Steuerung* untergeordneten Methoden heraus aktiviert. Im Wesentlichen sind die Funktionalitäten zur Abwicklung der Erfolgsfaktorenanalyse in den äußeren Klassen der Abb. 6-9 untergebracht. Über die Klasse *Auswählen-ERFA* werden die für diese Ana-

lyse relevanten Erfolgsfaktoren ausgewählt. Dies erfolgt durch ein entsprechendes Pull-down Menü und/oder durch manuelle Eingabe. Neben dem Standardkatalog der Erfolgsfaktorenanalyse muss der Benutzer die Kriterien individuell erweitern können, wie es sich üblicherweise beim Erfolgsfaktorenansatz vollzieht.

Beispiele hierzu findet man bei *Schmalen/Wiedemann*, die den Ansatz zur Beurteilung von Innovationen einsetzen, bei *Rammert*, der die Erfolgsfaktoren einer Unternehmung von den Unternehmenszielen ableitet oder bei *Bosshart/Gassmann*, die Technologieallianzen über Erfolgsfaktoren bewerten (vgl. [ScWi99], S74; [Ramm88], S. 61 und [BoGa96], S. 188). In der Klasse *Fragebogen-generieren* wird für jeden Teilnehmer, der im Unternehmen befragt wird, ein Fragebogen generiert (siehe Abb. 6-9). Der Fragebogen kann elektronisch oder auf Papier angelegt werden. Für den Fall, dass eine elektronische Form vorliegt, kann der Fragebogen aus dieser Klasse heraus direkt verschickt werden. In der Klasse *Antworten-sammeln* werden zurücklaufende Fragebogen erfasst und die Antworten gesammelt. Die Auswertung der gesammelten Antworten erfolgt in der Klasse *ERFA-durchführen*, wo in der untergeordneten Klasse *Erfolgsparameter-berechnen* der Erfolg, der Gesamterfolg und die Leistungsdifferenz gemäß der Erfolgsfaktorenanalyse berechnet werden (siehe Abb. 6-9). In der Klasse *Krit.-Faktoren-aufstellen* werden die als kritisch anzusehenden Erfolgsfaktoren ermittelt. Hierzu werden die als „Killer“ und „Verschwendung“ kategorisierten Faktoren in die Klasse *ERFAN-Auswertung* übertragen.

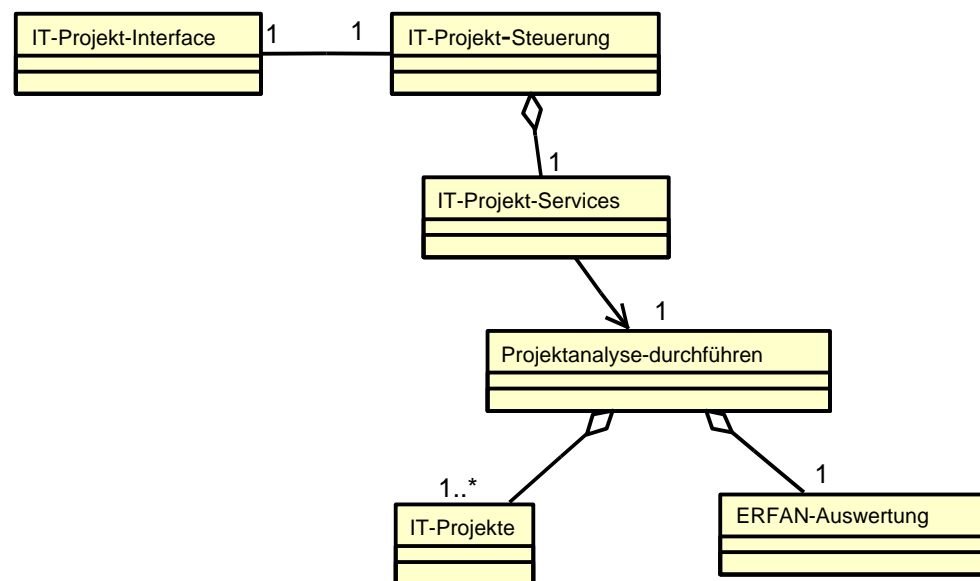


Abbildung 6-10: Ablaufrahmendiagramm IT-Projekt auswählen

Die Aufgabe von *IT-Projekt-auswählen* ist es, Projekte zu definieren. Die Projekte können einerseits vom System vorgeschlagen werden, indem eine Gegenüberstellung von analysierten Erfolgsfaktoren und *IT-Innovationen* erfolgt (siehe oben), und andererseits direkt vom Analysten angelegt werden.

Die Projektdaten werden in der Klasse *IT-Projekte* gespeichert, die wiederum aus mehreren Unterklassen, wie z. B. *IT-Projekt-allgemein* aufgebaut ist (siehe Abb. 6-10). In der Datenstruktur von *IT-Projekte* können mehrere Projekte parallel definiert und später über die Nutzenanalyse bewertet werden.

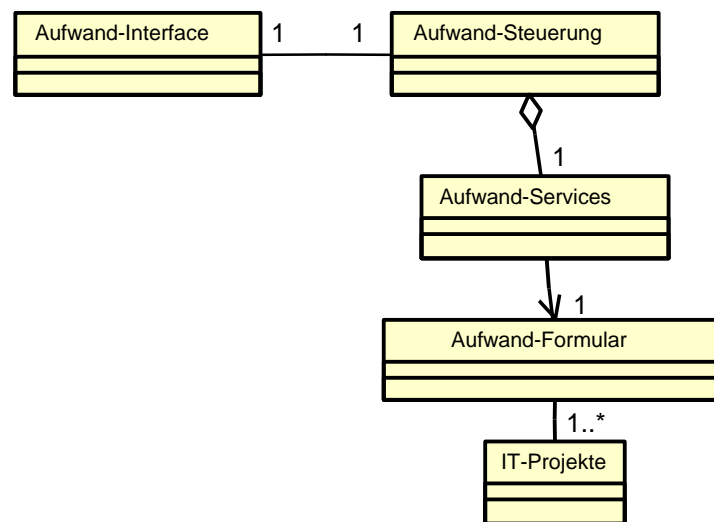


Abbildung 6-11: Ablaufrahmendiagramm Aufwand-ermitteln

Zur Bestimmung des Aufwandes werden für jedes Projekt über die Klasse *Aufwand-Formular* die Projekt-Komponenten und deren Kosten bestimmt (siehe Abb. 6-11). Hierzu greift das System auf Daten zurück, die unter *IT-Innovationen* in einem Produktkatalog abgelegt sind oder es übernimmt aus manueller Eingabe Komponenten- und Kostendaten. Die Ablage der Projektkomponenten und deren Kosten wird in der Klasse *IT-Projekt-Aufwand*, die der Klasse *IT-Projekte* untergeordnet ist, erfolgen (siehe Abb. 6-8).

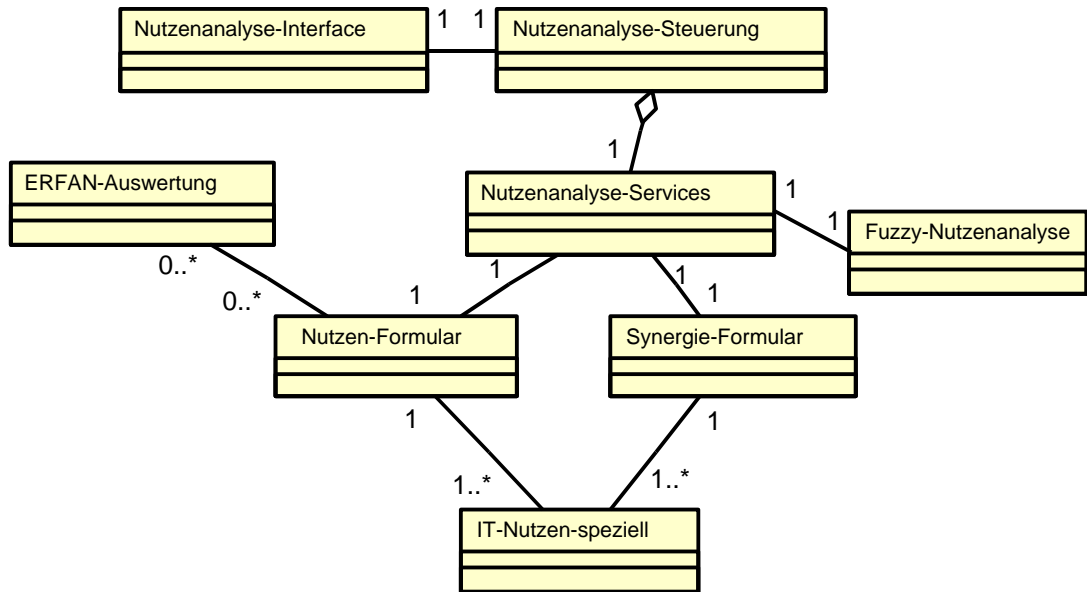


Abbildung 6-12: Ablaufrahmendiagramm Nutzenanalyse

Die Klasse *IT-Nutzen-spezial*, die für jedes Projekt die Nutzeneffekte ablegt, wird über *Nutzen-Formular* mit den jeweiligen Nutzenkriterien besetzt (siehe Abb. 6-12). Über die wie bereits oben skizzierte Verbindung zur *ERFAN-Auswertung* können Nutzenkriterien vom System vorgeschlagen oder manuell per Hand erfasst werden (siehe Nutzenkatalog im Anhang). Über *Nutzen-Formular* werden die Nutzenkriterien monetär spezifiziert und einer Kategorie zugeordnet (siehe Kapitel 5). Über die Klasse *Synergie-Formular* werden Verstärkungsfaktoren von sich gegenseitig beeinflussenden Nutzenwirkungen eingetragen. In *Fuzzy-Nutzenanalyse* erfolgt die Berechnung der fuzzybasierten Nutzenanalyse gemäß Kapitel 5.2.

Das Modul *Ergebnisanzeige* dient zur Ausgabe der aufgenommenen und analysierten Werte. Hier kann der Benutzer die Daten zur Erfolgsfaktorenanalyse, zu den Projekten und zu den jeweiligen fuzzybasierten Nutzenanalysen ausgeben. Auf eine Darstellung des Ablaufrahmendiagrammes wurde hier verzichtet.

Aufbauend auf den Ablaufrahmenmodellen und den Szenarien aus Kapitel 6.4.2.1 erfolgt die Aufstellung der Sequenzmodelle. Das Ablaufmodell, das hier exemplarisch für die Durchführung der Erfolgsfaktorenanalyse und der Nutzenanalyse dargestellt ist, zeigt auf, wie und in welcher Reihenfolge die Methoden der einzelnen Klassen miteinander kommunizieren. In Abbildung 6-13 und 6-14 sind die wichtigsten Kommunikati-

onsprozesse für die Durchführung der Befragung im Bereich der Erfolgsfaktorenanalyse und der Nutzenanalyse in dem zugehörigen Ablaufmodell ausschnittsweise skizziert.

In der linken Leiste sind auslösende Ereignisse, wie z. B. *Drücken eines Buttons*, eingetragen. Durch die entsprechenden Pfeile ist es nun ersichtlich, welche Methoden in den beteiligten Klassen durch das Ereignis aktiviert werden. So wird z. B. in der Interface-Klasse erkannt, dass der Button „Fragebogen generieren“ gedrückt wurde, über die Methode *FBstart(Id)* wird ein neuer Fragebogen generiert, der über *Id* eindeutig im System identifiziert wird.

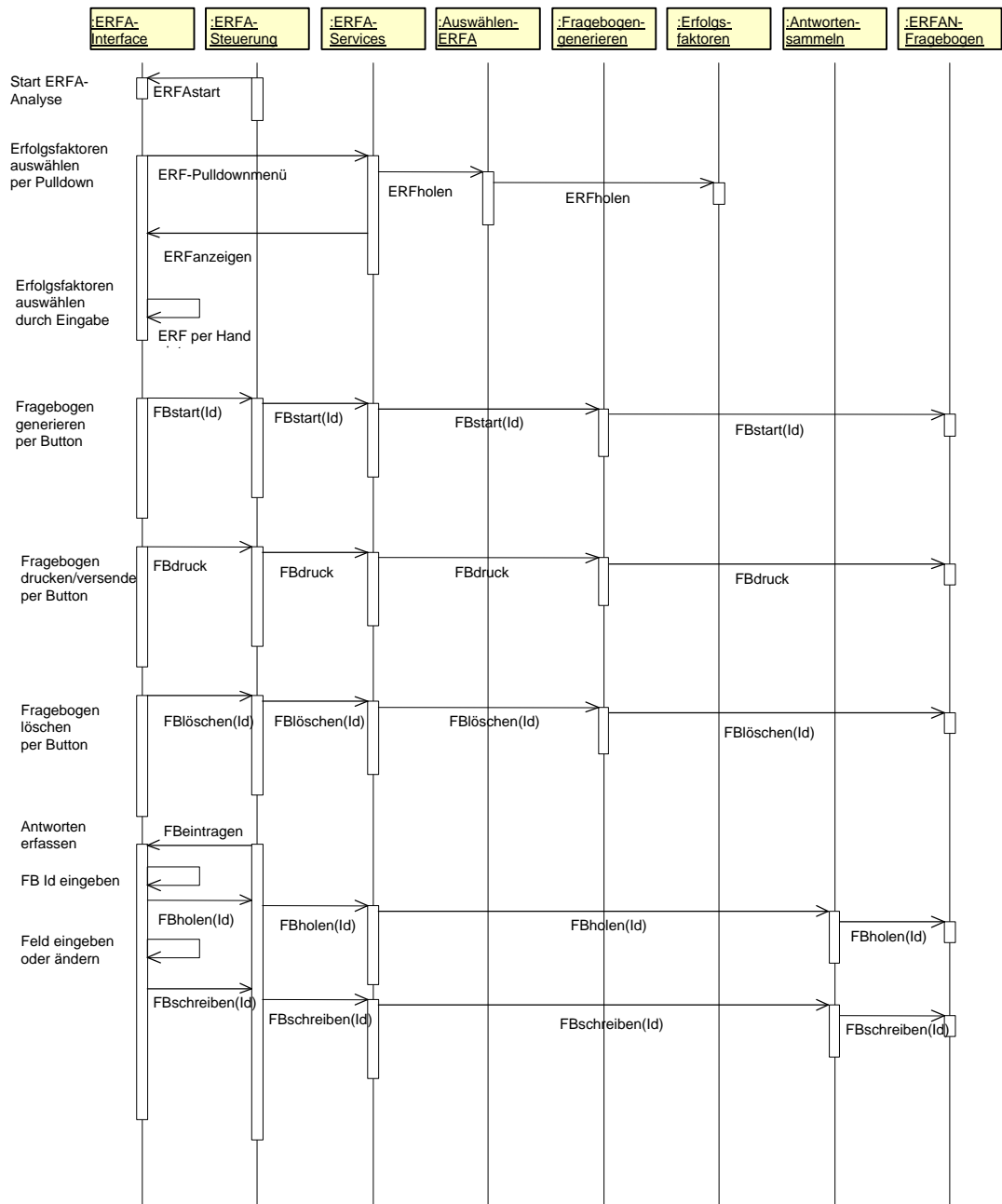


Abbildung 6-13: Ablaufmodell Erfolgsfaktoranalyse

Diese Methode wird letztendlich in der Klasse *ERFAN-Fragebogen* den Fragebogen physikalisch anlegen, wohingegen der Methodenaufruf durch die Service-Klasse und die Klasse *Fragebogen generieren* lediglich durchgereicht wird. Sinngemäß sind die

anderen Ereignisse in Abb. 6-13 und Abb. 6-14, wie z. B. *Antworten erfassen* oder *Nutzenkriterien aufstellen*, zu interpretieren.

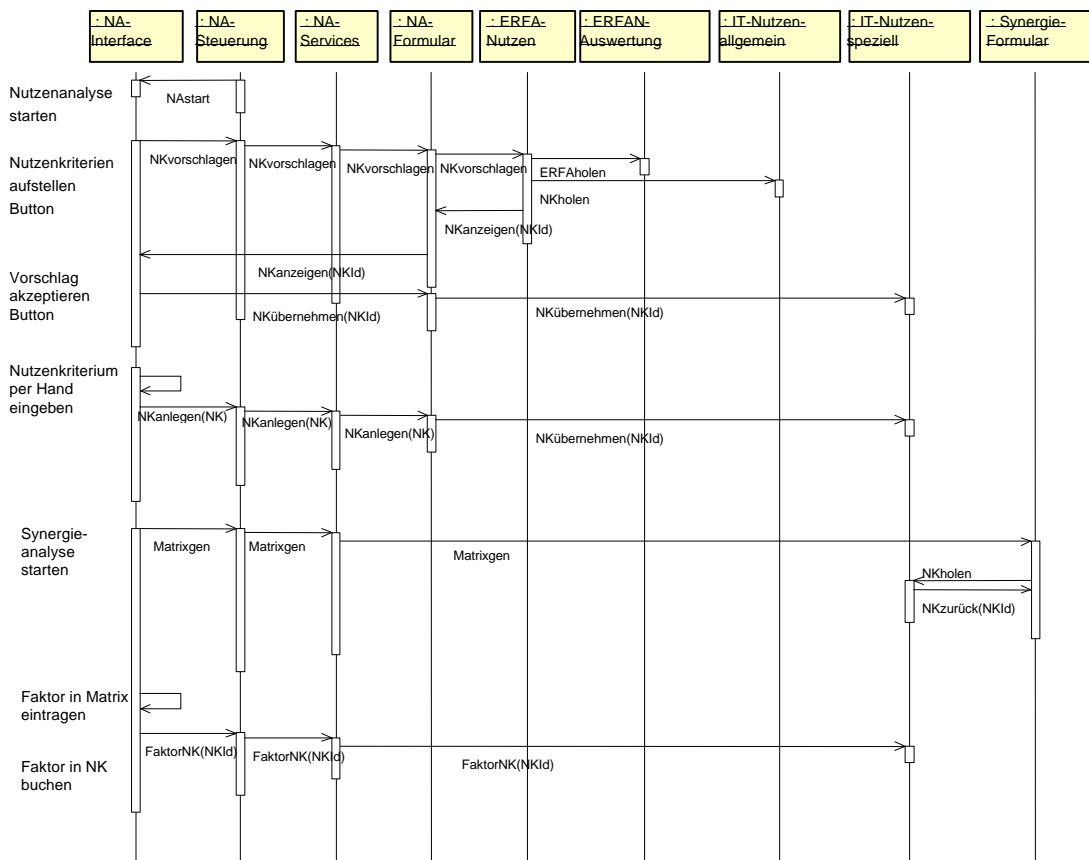


Abbildung 6-14: Ablaufmodell Nutzenanalyse

6.4.3 Zustandsdiagramme

Die Ablaufsteuerung wird generell in den Steuerungsklassen der Teilmodule realisiert. Zur Darstellung der zeitlichen Abhängigkeiten und Vorbedingungen werden Zustandsdiagramme aufgestellt. Sie zeigen, welche Zustände ein Bearbeitungsprozess einnehmen kann und durch welche Ereignisse ein Übergang von einem in einen anderen erfolgt. Abbildung 6-15 zeigt das Zustandsdiagramm für das Steuerungsmodul *Nutzenanalyse*.

Nach Start der Nutzenanalyse wird der Zustand *Nutzenkriterien aufstellen* erreicht. Aus diesem wird entweder der Zustand *Nutzenkriterien aus ERFA ermitteln* oder *Nutzen-*

kriterien per Hand eintragen erreicht. In diesen Zuständen werden Nutzenkriterien generiert.

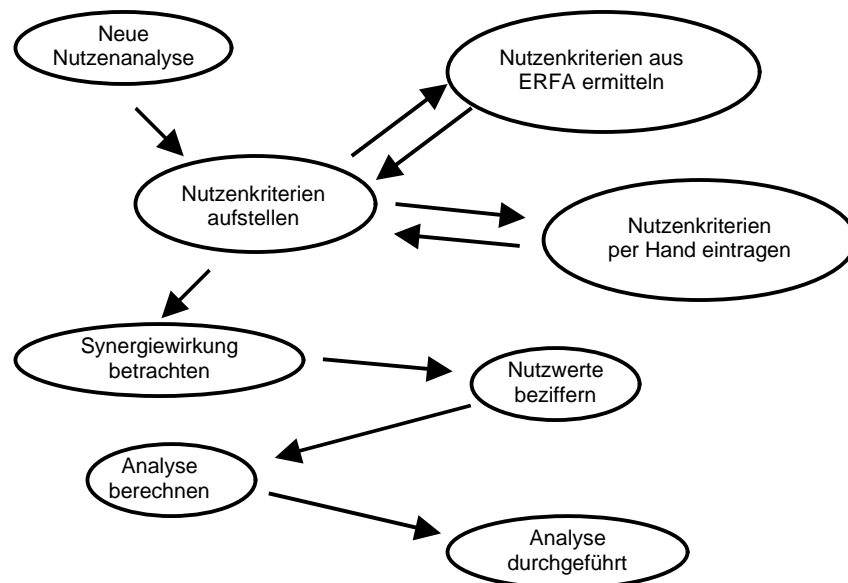


Abbildung 6-15: Zustandsdiagramm Nutzenanalyse

Nachdem Nutzenkriterien aufgestellt wurden, werden im Zustand *Synergiewirkung betrachten* etwaige Interdependenzen zwischen den Nutzenkriterien analysiert. Im Zustand *Nutzwerte beziffern* werden die zuvor aufgestellten Kriterien bewertet. Im Zustand *Analyse berechnen* erfolgen die fuzzybasierten Nutzenwertungen.

Der bis hierhin skizzierte UML-Ansatz zeigt das Grundprinzip, nach dem das Vorgehensmodell aufgebaut ist. Die wesentlichen Module und Datenobjekte wurden in ihren Inhalten und Funktionalitäten umrissen und das gegenseitige Ineinandergreifen aufgezeigt. Um nun das Vorgehensmodell zu konkretisieren, wird im weiteren Verlauf der Arbeit eine IT-Innovation exemplarisch herausgegriffen und für ein konkretes Projekt bewertet. Als IT-Innovation wird die Technik der Virtual Reality ausgewählt, da sie einerseits stark innovativen Charakter hat und andererseits bereits verfügbar und im Unternehmen einsetzbar ist.

7 Prototypische Umsetzung des Bewertungsmodells und exemplarische Anwendung

7.1 Zielsetzung des Praxisprojektes und Projektpartner

Um das in dieser Arbeit entwickelte Bewertungskonzept und das Vorgehensmodell in einem praktischen Umfeld zu testen wurde ein Prototyp der automatisierten Nutzenbewertung entwickelt. Dabei sollte das hier entworfene unscharfe Bewertungsverfahren in seiner Aussage, seinem Durchführungs- und seinem Implementierungsaufwand mit einem klassischen Verfahren verglichen werden. Hierbei sollte insbesondere herausgefunden werden, ob das fuzzybasierte und das klassische Verfahren analoge Ergebnisse liefern und ob diese Ergebnisse vergleichbar sind. Falls beide Verfahren kompatible Ergebnisse liefern, ist herauszustellen welche Vor- und Nachteile sich aus der automatisierten und fuzzybasierten Methode ergeben.

Hierzu wurde im Rahmen dieser Arbeit im vierten Quartal 1999 ein Projekt zur Konzeption und Bewertung eines VR-Einsatzes durchgeführt. Bei der Projektfirma handelt es sich um die Friedrich Düker GmbH & Co. mit dem Stammhaus in Karlstadt am Main. Die Fa. Düker blickt auf eine lange Historie zurück, die bis ins 15. Jahrhundert reicht. Bereits in dieser Zeit gewannen die Vorfahren der Düker GmbH & Co in Laufach Eisenerz, verhütteten dieses und produzierten hieraus gusseiserne Waren. Der Firmenname Düker gewann jedoch erst im 20. Jahrhundert an Bedeutung, als 1918 Friedrich Wilhelm Düker leitende Funktion in den Eisenwerken Laufach AG übernahm.

Die Firma in ihrer jetzigen Form existiert seit 1942 und unterhält neben dem Hauptwerk in Karlstadt noch das Werk im ursprünglichen Standort Laufach, das Werk in Thüngen und ein Werk im französischen Cousances. Die historische Kernkompetenz von Düker liegt in der Herstellung von schweren Gussstücken wie Rohre, Armaturen, Formstücke und früher auch Gusswannen. Da die alten Gusswannen durch moderne Acrylwannen mit einer großen Variantenanzahl am Markt substituiert wurden, passte sich die Firma Düker sehr früh an die Kunststofftechnologie an und unterhält jetzt einen bedeutenden Produktionszweig – die Acrylfertigung. Neben diesen Produkten bietet Düker auch die Konzeption und Planung von Gussanlagen als Beratungsleistung sowie Produkte aus der Umwelttechnologie an. Die Firma Düker hat einen Jahresumsatz von ca. 300 Mio. DM und beschäftigt ca. 1300 Mitarbeiter (vgl. [Meck99], S. 5 ff.).

7.2 Geplanter VR-Einsatz bei Düker

Bei Düker werden Produkte für den Bereich Bad, die naturgemäß einem modischen Trend unterworfen sind, entwickelt und produziert. Dabei kommt es zwischen Entwicklungsabteilung, externer Designagentur, Zulieferant und dem eigentlichen Kunden zu einem permanenten Abstimmungsbedarf. Herkömmlicherweise läuft diese Kommunikation, da die Beteiligten über ganz Deutschland verteilt sind, durch die Post und durch Besprechungen vor Ort ab. Um diese Kommunikations- und Abstimmungsprozesse effizienter zu gestalten, wird geplant, die künftigen Kontakte über ein internetbasiertes VR-Telekooperationssystem abzuwickeln (vgl. [KJKr98], S. 16 ff. und [KrSc98], S. 93 ff.).

Um die VR-Kooperation zu realisieren benötigt jeder beteiligte Partner eine Arbeitsstation, die über folgende Komponenten verfügt:

- Eine grafische 3D-Workstation mit HMD, Tracker, 3D-Maus und PC-Kamera.
- Software zur Kommunikation und verteilten Konstruktion.
- Zugriff auf einen Video- und Audioserver zur Kommunikation per Videoconferencing.

Die Kommunikation soll mit diesen Systemen durch die Medien Videokonferenz und VR-Konferenzsystem erfolgen. Der Einsatz ist vorerst für den Bereich der Entwicklung neuer Badewannen und Whirlpools geplant. Im Entwicklungsprozess sind folgende Partner beteiligt:

- Entwicklungsabteilung Düker

Die Entwicklungsabteilung von Düker koordiniert und gibt den Anstoß zur Generierung eines neuen Produktes. Dabei nimmt sie die Bedarfe der Kunden auf, setzt diese mit einem externen Designstudio um und beauftragt die Zulieferanten entsprechende Formen und Werkzeuge, die zur Produktion der Wannen nötig sind, zu liefern.

- **Designstudio**
Das Designstudio erhält von Düker den konkreten Anstoß eine neue Wanne nach Kundenvorstellung zu gestalten. Bereits hier werden genaue Maße und Farbpaletten diskutiert und die Form abgestimmt.
- **Kunde**
Die Kunden von Düker sind hier nicht eigentliche Endkunden, sondern große Baustoffhändler, die ihrerseits die Wünsche ihrer Kunden aufnehmen und an den Hersteller weitergeben. Häufig werden hier sog. „Hausmarken“ angeboten, die dann im Endkundenverkauf nicht mehr als Produkt von Düker ersichtlich sind.
- **Zulieferant**
Zur Produktion bei Düker sind Formen für eine neue Wanne sowie spezielle Werkzeuge nötig. Diese werden von einem speziellen Werkzeugmacher geliefert, zu dem ein starker Abstimmungsbedarf in Bezug auf Produktform und Werkzeugausführung besteht.

In einem Pilotprojekt mit jeweils einem beteiligten Partner sollen die Möglichkeiten und Nutzeneffekte eines solchen VR- und videogestützten Systems bewertet werden. Um im Vorfeld des Projektes Nutzeneffekte aufzustellen und zu bewerten, wird das in dieser Arbeit entwickelte Bewertungstool ausschnittsweise prototypisch umgesetzt und zur Projektbewertung verwendet. Konkret wurde der Teil der Nutzenbewertung in traditioneller Form (Nutzenbewertung nach *Nagel*) und in der in dieser Arbeit entwickelten fuzzybasierten Variante implementiert.

7.3 Grobstruktur der Implementierung

Im Wesentlichen wurden für das Projekt der 2. Schritt und die Nutzenanalysen aus dem Vorgehensmodell implementiert (siehe Kapitel 6.4). Projektbedingt konnte eine Erfolgsfaktorenanalyse nicht durchgeführt werden, so dass die Analyse der Nutzenkriterien, abweichend vom in Kapitel 6 skizzierten Vorgehensmodell, über die Analyse der beteiligten Unternehmensprozesse und die sich hier ergebenden Nutzenwirkungen erfolgte. Innerhalb des Projektkontextes muss das Beratungswerkzeug das Thema „VR-Einsatz im Unternehmen“ systematisieren, eine Nutzenbewertung mit üblichen geeigneten Methoden unterstützen und eine Ergebniszusammenstellung liefern. Weiterhin soll eine Aufwandsermittlung auf der Basis eines Produktkataloges erfolgen. Der Pro-

duktkatalog soll einen Überblick an VR-Peripherie beinhalten und den Benutzer über Details der Geräte informieren.

Als Zielgruppe für den Einsatz des Beratersystems ist einerseits direkt der Entscheidungsträger (Management) oder dessen Berater (Informationsmanager, DV-Leiter, externer Berater) zu sehen und andererseits der eigentliche Anwender im Unternehmen, der ein VR-Projekt initiiert und im Detail plant.

Das System wird horizontal in die vier Schritte Projektskizze, Aufwandsermittlung, Nutzenermittlung und Ergebniszusammenstellung aufgegliedert. Der Benutzer bearbeitet das System in der Regel von links nach rechts (siehe Abb. 7-1).

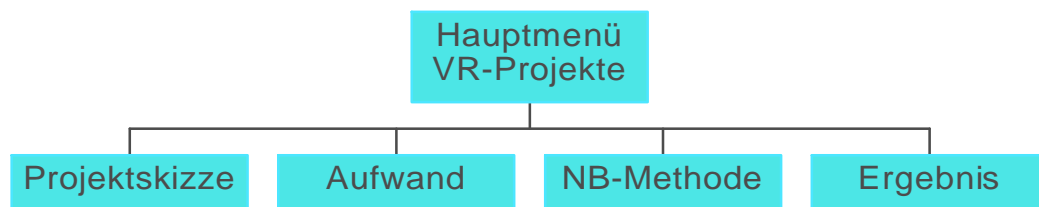


Abbildung 7-1: Grundstruktur des Beratersystems

Vertikal werden für die Aufwandsermittlung (2. Modul) mehrere Evaluationsebenen aufgestellt. Der Benutzer beginnt zunächst auf der obersten Ebene. Falls die dort nötigen Daten zu hoch aggregiert sind, begibt er sich eine Ebene nach unten, falls diese Daten immer noch zu stark aggregiert sind, steigt er weiter eine Ebene tiefer, usw. Die unterste Ebene ist demnach die breiteste und detailreichste.

- Im ersten Bearbeitungszweig (VR-Projektskizze) werden Informationen vom Benutzer abgefragt, die das VR-Projekt skizzieren. Zunächst werden allgemeine Daten dokumentiert und festgehalten, welche Unternehmensprozesse vom Projekt beeinflusst werden. Danach werden die Nutzenkriterien erfasst.
- Im zweiten Zweig wird der Aufwand des Projektes ermittelt. Insbesondere ist bei der Aufwandsermittlung die Vorgehensweise über mehrere Ebenen von Bedeutung. Ein Anwender des Beratungssystems kann in dem Fall, dass die Projektkosten bereits konkret vorliegen, direkt in Ebene 1 die gesamten Projektkosten eintragen, oder er kann auf einer der 4 anderen Evaluationsebenen konkretere Projektelemente aus-

wählen und monetär bewerten lassen. Das Niveau der Ebenen geht von der obersten Ebene (Gesamte Projektkosten) bis hinunter auf einzelne Geräte (Produktebene).

- Im dritten Zweig erfolgt die Wirtschaftlichkeitsanalyse. Besonders die Bewertung der Wirtschaftlichkeit soll durch das Beratungssystem unterstützt werden. Die Betriebswirtschaft und die Wirtschaftsinformatik liefern hierzu eine Reihe von Verfahren, die mehr oder minder detailliert in der Praxis durchgeführt werden. Im Modul Projektskizze wurde ein konkreter Nutzenkatalog generiert, der als Grundlage zur Durchführung eines Nutzenbewertungsverfahrens dient (siehe Anhang A).

In diesem Modul soll ein geeignetes Bewertungsverfahren durchgeführt werden. Die Aufgliederung der Bewertungsverfahren erfolgt traditionell in:

- eindimensionale und
- mehrdimensionale Methoden.

Da sich eindimensionale Methoden (Kostenvergleich, Amortisationsrechnung, Kapitalwertmethode usw.) vornehmlich zur Beurteilung von vergleichbaren Alternativinvestitionen eignen, sind diese für VR-Projekte nur bedingt nutzbar. VR-Anwendungen sind häufig generisch, d. h., es wird nicht zwischen mehreren Handlungsalternativen unterschieden, sondern gefragt, ob es sinnvoll ist oder nicht, das Projekt durchzuführen. Somit kommen für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur mehrdimensionale Methoden in Frage. Die bisherigen Beobachtungen haben gezeigt, dass VR-Anwendungen vorwiegend generischen Charakter haben und somit die Bewertung nur sinnvoll über mehrdimensionale Verfahren erfolgen kann. Insbesondere strategische Vorteile und Synergiewirkungen - also schwer fassbare Nutzeneffekte - können nicht direkt über ein finanzmathematisches Instrument beurteilt werden, sondern bedürfen einer höher aggregierten Betrachtung. Zur Abbildung in dem geplanten Bewertungssystem eignen sich u. a. folgende Methoden (siehe auch Kapitel 3):

- Nutzwertanalyse und
- Nutzenanalyse.

Während die Nutzwertanalyse eine nicht monetäre Bewertung vorsieht, werden bei der Nutzenanalyse auch schwer fassbare Nutzenmomente konkret in Geldeinheiten bewertet (vgl. [Nage90], S. 71 ff.). Hier werden die Nutzenanalyse und die in Kapitel 5.2 entwickelte fuzzybasierte Nutzenanalyse implementiert.

- Die Auswertung der Analyse erfolgt über einen mehr oder minder automatisch ablaufenden 4. Schritt. Hier werden Berichte aufgebaut, welche die ermittelten Daten der Schritte 1 bis 3 dokumentieren. Die Zusammenstellung beinhaltet zunächst die Projektskizze, die Aufwandsposten, den individuellen Nutzenkatalog, die Nutzenbewertung und die Nutzenanalyse. Das so generierte Dokument soll die Entscheidungsfindung und damit die gesamte Projektabwicklung beschleunigen und die Qualität der Projektentscheidung erhöhen.

7.3.1 Projektskizze

Im Modul Projektskizze werden die Unterschritte Allgemeines, Unternehmensprozesse und Nutzaufstellung durchlaufen.

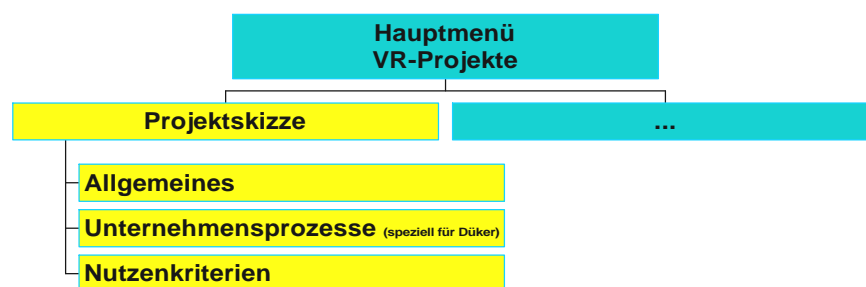


Abbildung 7-2: Modul „Projektskizze“

Die Nutzeffekte werden beim Projekt Düker nicht aus einer vorgeschalteten Erfolgsfaktorenanalyse abgeleitet, sondern aus einer Unternehmensprozessbetrachtung. Im Untermodul „Allgemeines“ werden pauschale Daten zum Projekt erfasst. Diese rein der Projektdokumentation dienenden Angaben beziehen sich auf Projekttitel, die durchführende Firma, Planungszeiträume, beteiligte interne und externe Mitarbeiter sowie freie Angaben zum Projekt (siehe Abb. 7-3). Die hier generierten Daten gehen nicht in die Bewertungsfunktionalität ein, sondern dienen nur zur Erläuterung des Vorhabens.

1. Allgemeine Projektfragen <<SKALG>>

Bitte beantworten Sie folgende Fragen

Projekttitel: Verteilte Produktentwicklung mit VR
 Firma: Düker Karstadt
 Kurzbezeichnung: VR-Intanet
 Projektstart: 01.08.99
 Projektende: 30.01.00
 Projektleiter: Ziker
 Abteilung1: EDV
 Abteilung2: Controlling
 Abteilung3: Marketing
 Abteilung4: F&E

Mitarbeiter1: Mecklein
 Mitarbeiter2:
 Mitarbeiter3:
 Mitarbeiter4:
 Externe1: Ziker
 Externe2: Scheub
 Externe3: Ninnel
 Externe4:
 Anmerkungen:

START weiter mit Schritt 2

Datensatz: 1 von 1

Abbildung 7-3: Menü SKALG (Quelle: Screenshot Beratersystem)

Die eigentliche Projektanalyse beginnt im 2. Schritt des Hauptmoduls Projektskizze mit der Aufstellung der Unternehmensprozesse, die durch das geplante Projekt begünstigt werden. Die Analyse über die Unternehmensprozesse wurde im Düker-Projekt gewählt, da eine Erfolgsfaktorenanalyse nicht durchgeführt werden konnte. Die Erfassung der Unternehmensprozesse erfolgt durch eine Maske gemäß Abb. 7-4.

3. Fragen nach Unternehmensprozessen <<SKUPR>>

TPNr: 1

Welche Technischen Potentiale beeinflussen welche Unternehmensprozesse

Tech. Pot. zurück Eingabegeräte Tech. Pot. weiter

UnterformSKUPR

PN	Prozess	TPNr
1	Auftragsabwicklungsprozess	1
2	Innovationsprozess	1
3	Vermarktungsprozess	1
*		

START weiter mit Schritt 4

Datensatz: 1 von 3

Datensatz: 2 von 59

Abbildung 7-4: Screenshot SKUPR (Quelle: Screenshot Beratersystem)

Als eigentliches Endergebnis sind die beteiligten Unternehmensprozesse anzusehen, die im nächsten Analyseschritt den relevanten unternehmerischen Nutzenmomenten gegenübergestellt werden. Ein Grundschema von Nutzenkriterien ergibt sich gemäß Kapitel 2.3.1 (Anwenderbefragung) und Kapitel 3. Danach lässt sich folgendes Grundschema aufstellen:

- Kostensenkung
- Geschwindigkeitserhöhung
- Flexibilitätssteigerung
- Qualitätssteigerung
- Generischer Nutzen
- Verbesserung der Wettbewerbssituation
- Nutzen durch Synergien im Unternehmen
- Gesamtwirtschaftlicher Nutzen

Im Anhang A ist der Nutzenkatalog näher spezifiziert. Im Beratersystem werden im vierten Schritt diese Nutzenkategorien den Unternehmensprozessen gegenübergestellt und ermittelt, in welchem Prozess die obigen Nutzenmomente generiert werden (siehe Abb. 7-5).

SKNUT2 - Formular

Frage nach Nutzen (abgeleitet von U-Prozessen) <<SKNUT>>

Wird im Unternehmensprozess die Geschwindigkeit erhöht?

TPNr:

Frage zurück Ja/weiter Nein/weiter

START

Bitte beantworten Sie folgende Frage mit Ja/weiter oder Nein/weiter

Datensatz: 26 von 57

Abbildung 7-5: Screenshot SKNUT

Das Endergebnis des dritten Schrittes und damit auch des ersten Moduls ist neben den allgemeinen Projektdaten eine Tabelle mit den zu erwartenden Nutzeneffekten – der Katalog „Spezielle Nutzeneffekte“.

Nachdem die Organisation der Firma Düker bereits prozessorientiert erfolgt, kann eine prozessorientierte Sichtweise direkt zur Analyse der Nutzenkriterien verwendet werden. Im Projekt ließen sich die Unternehmensprozesse „Innovationsprozess“, „Vermarktungsprozess“ und „Auftragsabwicklungsprozess-Lieferant“ aufstellen (siehe Abb. 7-6).



Abbildung 7-6: Beteiligte Unternehmensprozesse und Partner

Da die Unternehmensprozesse klar vorlagen, konnte im Beratertool direkt auf die Fragestellung eingegangen werden, in welchen Prozessen welche Nutzenwirkungen entstehen. Die Diskussion und Analyse ergaben die bewerteten Nutzenkriterien gemäß Tab. 7-1. Bei der Bewertung der Kriterien wurde immer versucht eine möglichst plausible Berechnung zu Grunde zu legen. So wurde z. B. der Wert für „Allgemeine Personalkosten“ dadurch berechnet, dass pro Planungsprojekt (neue Wanne) ein Entwicklungsingenieur 65 Stunden einspart. Wird eine Stunde mit 100,- DM bewertet, so werden pro Projekt 6.500,- DM eingespart. Bei zunächst 15 betrachteten Projekten ergibt dies einen Wert von 97.500,- DM. Es handelt sich dabei um direkten Nutzen (Kat. I), wobei die Realisierungswahrscheinlichkeit als gering eingestuft wurde, denn es muss bezweifelt

werden, dass sich hierdurch eine ganze Stelle substituieren lässt. Auf diese Weise wurden sämtliche Nutzenbeträge geschätzt und den jeweiligen Kategorien zugeordnet (siehe Tab. 7-1).

Tabelle 7-1: Bewertete Nutzenkriterien im Düker-Projekt

Auftragsabwicklungsprozess				
Nutzenkriterium	Kat.	Betrag hoch	Betrag mittel	Betrag gering
Kommunikationskosten	I	22.500,-	22.500,-	
Geschwindigkeitserhöhung	II			45.000,-
Flexibilität	II			15.000,-
Qualität	III	22.500,-		
Innovationsprozess				
Nutzenkriterium	Kat.	Betrag hoch	Betrag mittel	Betrag gering
Modellkosteneinsparung	I		22.500,-	22.500,-
Kommunikationskosten	I	30.000,-		
Allg. Personalkosten	I			97.500,-
Flexibilitätssteigerung	II			15.000,-
Geschwindigkeitserhöhung	II			45.000,-
Bessere Ökologie	III		2.250,-	3.750,-
Vermarktungsprozess				
Nutzenkriterium	Kat.	Betrag hoch	Betrag mittel	Betrag gering
Kommunikationskosten	I	22.500,-	22.500,-	
Geschwindigkeitserhöhung	II			15.000,-
Bessere Marktmacht	III			75.000,-
Besseres Image	III	30.000,-		
Bessere Kundenintegration	III		75.000,-	

7.3.2 Technische Realisierung und Aufwandsermittlung

Um zu ermitteln, welche Kosten für das Projekt anfallen, wird das zweite Modul Aufwandsermittlung angeboten. Es kategorisiert den Aufwand von VR-Anwendungen in die fünf Kategorien:

- Rechnerhardware (ohne VR-Hardware)
- Rechnersoftware (incl. VR-Standardsoftware, wie z. B. Autorentools)
- VR-Peripherie
- Aufwendung für Weltengenerierung
- laufende Kosten

Wie bereits oben erwähnt, kann die Analyse auf mehreren Ebenen erfolgen, was dem Benutzer die Möglichkeit eröffnet, mehr oder minder kumulierte Daten anzugeben (siehe Abb. 7-7).

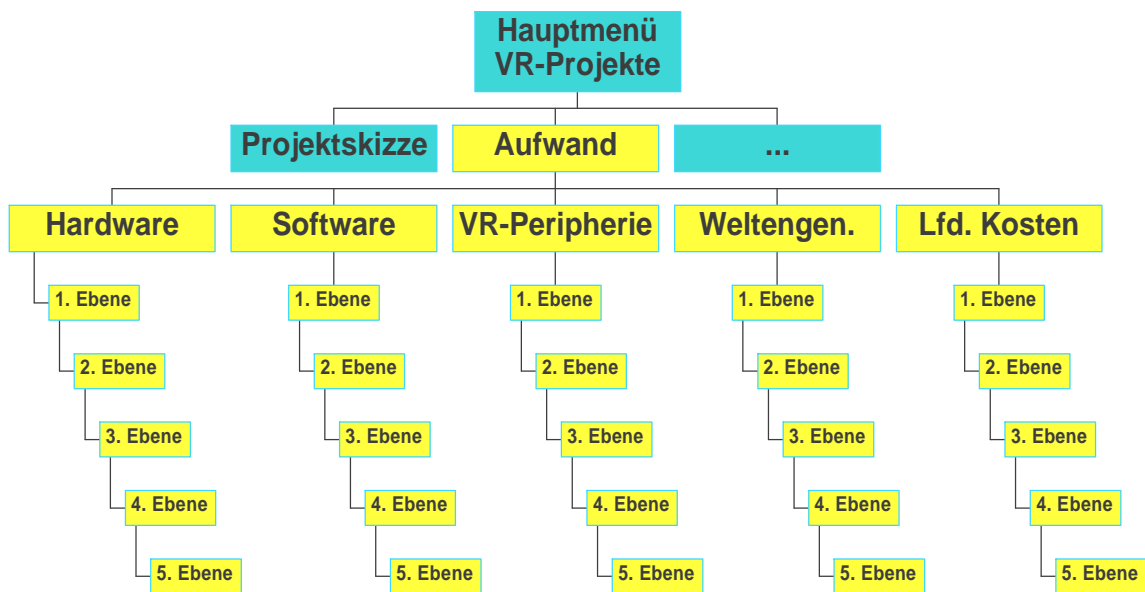


Abbildung 7-7: Übersicht Modul „Aufwand“

Auf unterster Ebene ist ein Produktkatalog vorhanden, der hier für den Zweig VR-Peripherie näher implementiert wurde. Dieser Katalog enthält konkrete Listenpreise von typischen VR-Komponenten, wie z. B. HMDs, Trackern, Datenhandschuhen und stereoskopischen Sichtgeräten (siehe Abb. 7-8).

The screenshot shows a software window titled 'AufwandProjekt'. It contains a table with the following data:

ANr	Aufwandbezeichnung	Betrag	Betrag Vorschlag:	
1	VR-Peripherie	0,00 DM	0,00	<input type="checkbox"/> Tiefste Ebene
11	Visualisierung	0,00 DM	0,00	<input type="checkbox"/> Tiefste Ebene
111	HMD	0,00 DM	0,00	0,00 DM <input type="checkbox"/> Tiefste Ebene
1111	Sony HMD	4.500,00 DM	0,00	4.500,00 DM <input checked="" type="checkbox"/> Tiefste Ebene
1112	Sony HMD	4.500,00 DM	0,00	4.500,00 DM <input checked="" type="checkbox"/> Tiefste Ebene
1113	Sony HMD	4.500,00 DM	0,00	4.500,00 DM <input checked="" type="checkbox"/> Tiefste Ebene
1114	Sony HMD	4.500,00 DM	0,00	4.500,00 DM <input checked="" type="checkbox"/> Tiefste Ebene
12	Tracker	19.600,00 DM	0,00	0,00 DM <input checked="" type="checkbox"/> Tiefste Ebene

Below the table, the total project cost is displayed as 'Projektkosten gesamt: 161.000,00 DM'. At the bottom, there are navigation controls for a dataset, showing 'Datensatz: 13 von 18'.

Abbildung 7-8: Screenshot (Aufwand Projekt)

Als zentrale Kommunikationsplattform soll bei Düker eine HP Workstation HP 9000 eingesetzt werden. Auf ihr läuft das VR-Konferenztool „HP Visualize Conference“, das die Kommunikationsplattform im Netz darstellt. Mit dieser Basissoftware können u. a. verteilte 3D-Applikationen, clipboards und Textkommunikation über das Netz betrieben werden. Über NetMeeting können Arbeitsstationen der Partner angebunden werden. Hierzu eignen sich PC-Systeme unter dem Betriebssystem Windows NT. Zur Bearbeitung und Darstellung der 3D-Objekte soll das VR-System von AnySIM genutzt werden. Mit ihm ist es möglich, Objekte von unterschiedlichen 3D-Formaten zu lesen und in Echtzeit zu begehen. Es zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass verschiedene Simulationen und Kollisionsprüfungen durchgeführt werden können. Das System AnySIM soll auf der Masterstation bei Düker laufen und den Konferenzteilnehmern in Echtzeit übertragen werden. Die externen Teilnehmer können über Textkommunikation oder clipboard-Funktionen ihre Rückmeldungen an die Masterstation geben.

Der wichtigste Kommunikationskanal soll jedoch ein Videokonferenzsystem sein. Dieses System soll über die Internet-Plattform betrieben werden und kann Bewegtbilder und Sprache übertragen. Technisch gesehen ist es vom VR-System abgekoppelt und

wird in einer parallelen Task betrieben. Geeignet für diesen Zweck erscheint das System Meeting Point, das neben der Videofunktionalität auch Sicherheitsaspekte berücksichtigt (vgl. [Soft99], S. 28).

Zur Erhöhung des immersiven Eindruckes benötigt jeder Teilnehmer ein HMD. Die Benutzung des HMDs muss während der VR-Konferenz nicht zwangsläufig erfolgen, sondern ist nur dann vorgesehen, wenn spezielle Details diskutiert werden.

Da die geplante Systemstruktur schon frühzeitig feststand, wurde die Aufwandsermittlung direkt durch folgende Auflistung durchgeführt.

Tabelle 7-2: Systemkomponenten Düker-Projekt (vgl. [VRT99], S. 10 ff.)

Anzahl:	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	HP9000 B	ca. 25.000,-	ca. 25.000,-
1	AnySIM	ca. 50.000,-	ca. 50.000,-
3	PCs mit NT	5.000,-	15.000,-
4	Sony HMD	4.500,-	18.000,-
4	INSIDETRACK	4.900,-	19.600,-
1	Meeting Point	18.900,-	18.900,-
	Anpassung HMDs		5.000,-
4	Kamera/Grabber	1.000,-	4.000,-
	Schulung		5.500,-
Gesamtaufwand			161.000,-

7.3.3 Nutzenanalyse

Sind die Zweige Projektskizze und Aufwandsermittlung durchlaufen, können im dritten Zweig die aufgestellten Nutzenkriterien bewertet werden. Zunächst wurde die Nutzenanalyse nach [Nage90], wie weiter oben begründet, implementiert. Es handelt sich um

eine konkrete monetäre Methode, bei der auch schwer fassbare Aspekte in Geldeinheiten bewertet werden. Dieser Sachverhalt gibt Anlass zur Kritik, weil damit eine Scheingenauigkeit suggeriert werden würde (siehe auch Kapitel 3). Um u. a. diesem Kritikpunkt entgegen zu halten, wird unten der fuzzybasierte Ansatz implementiert.

7.3.3.1 Implementierung der Nutzenanalyse nach Nagel

Basierend auf dem Katalog „Spezielle Nutzeneffekte“, der als Ergebnis vom ersten Modul vorliegt, wird im dritten Modul die konkrete Bewertung der Teilnutzen durchgeführt. Zunächst wird dem Benutzer die Möglichkeit gegeben, den Katalog manuell zu ergänzen. D. h., er kann in einer entsprechenden Maske den Katalog editieren und neue Kriterien anfügen. Dabei muss er dem manuell angefügten Kriterium eine Kategorie von 1 bis 3 zuweisen. Diese Kennzahl gibt in der bei [Nage90] dargestellten Methode die Zuordnung zu „direktem“, „indirektem“ und „schwer fassbarem“ Nutzenkriterium. Sind sämtliche Nutzenkriterien erfasst, erfolgt eine monetäre Bewertung in die Kategoriestufen „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ (siehe auch Kapitel 3.2.2.2, Anhang E, S. 1 und vgl. [Nage90] S. 71 ff.). Im implementierten System wurde zunächst aus Gründen der Übersichtlichkeit eine einperiodige Variante eingesetzt. Die Eingabe der Beträge erfolgt über eine entsprechende Maske (siehe Abb. 7-9).

Prozess	Nutzenaspekt	Kategorie	hoch	mittel	gering	
1	Auftragsabwicklungs	Kommunikationskosteneinsparung	1	22.500,00 DM	22.500,00 DM	0,00 DM
1	Auftragsabwicklungs	Flexibilität	2	0,00 DM	0,00 DM	15.000,00 DM
1	Auftragsabwicklungs	Geschwindigkeitserhöhung	2	0,00 DM	0,00 DM	45.000,00 DM
1	Auftragsabwicklungs	Qualität	3	22.500,00 DM	0,00 DM	0,00 DM
2	Innovationsprozess	Modellkosteneinsparung	1	0,00 DM	22.500,00 DM	22.500,00 DM
2	Innovationsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	1	30.000,00 DM	0,00 DM	0,00 DM
2	Innovationsprozess	Lohn- Gehaltskostensenkung	1	0,00 DM	0,00 DM	97.500,00 DM

Abbildung 7-9: Nutzenbewertung

Die Bewertung der Nutzengrößen ist für Kategorie 1 – direkter Nutzen - in der Regel unproblematisch, problematisch jedoch bei Kategorie 2 und 3. Um für diese Kategorien einen seriösen Wert aufzustellen, ist zu empfehlen, das Kriterium isoliert zu betrachten und zu überlegen, in welcher Einheit sich der Nutzen numerisch niederschlägt. Anhand dieses Kriteriums kann nach monetärer Bewertung der gefundenen Einheit ein Geldbetrag angesetzt werden. Als Beispiel soll hier die Imageverbesserung durch einen VR-Einsatz bewertet werden. Der Ansatz ist zunächst, zu überlegen, wie sich die Imageverbesserung in der Öffentlichkeit niederschlägt. Eine solche Imageverbesserung führt in der Regel zu einem höheren Vertrauen in die Produkte und deren Qualität. Somit wird sich ein verbessertes Image in einer Umsatzsteigerung niederschlagen. Der kritische Wert ist nun nicht der eigentliche monetäre Betrag, der letztendlich eingesetzt wird, sondern der Prozentsatz, der an dieser Stelle geschätzt werden muss. Wird nun zum Beispiel bei einem Umsatz von 60 Mio. DM eine Umsatzsteigerung von 0,5 % geschätzt, ergibt sich bei einem Umsatz-Kostenverhältnis von 90:10 ein Nutzenbetrag von 30.000,- DM.

Das angeführte Beispiel soll verdeutlichen, dass das Problem bei der Bewertung von schwer fassbaren Nutzengrößen nicht die Höhe der Geldbeträge, sondern die in einer spezifischen Einheit ausgedrückte Höhe der Nutzenwirkung ist. Da dies immanent durch die Betrachtung von schwer fassbaren Nutzenkriterien hervorgerufen wird, existiert das Problem für sämtliche Nutzenbewertungsmethoden. Somit gilt es, die ermittelten Zahlenwerte, die durchaus präzise wirken und somit dem Kritikpunkt der Scheingenauigkeit entgegenkommen, relativiert zu betrachten. Die Relativierung dieser Tatsache wird in der Nutzenanalyse in der späteren Auswertung durch ein Kumulationsschema beachtet, so dass diese Methode für den Einsatz in dem hier skizzierten Beratersystem sinnvoll erscheint.

Im Anhang E sind die erwarteten Nutzenkriterien, die in die Analyse eingehen, aufgelistet. Dabei werden die drei Nutzenkategorien („direkter“, „indirekter“ und „vage schätzbarer“ Nutzen) in Gruppen angezeigt. Jede Zeile steht für ein Nutzenkriterium, das in dem angegebenen Unternehmensprozess erwartet wird. In den drei Spalten wird angezeigt, zu welchen Realisierungschancen das Nutzenkriterium zugeordnet ist. Die Beträge repräsentieren die monetäre Bewertung der Nutzenkriterien und wurden von einem Mitarbeiter der Fa. Düker genannt.

Ein „direkter“ Nutzen (Nutzenkategorie 1) wird in allen drei betrachteten Unternehmensprozessen erwartet. Man geht davon aus, dass ein Betrag von 22.500,- DM jeweils mit „mittlerer“ und „geringer“ Realisationswahrscheinlichkeit durch die Einsparung von Modellkosten als Nutzen generiert wird (siehe Anhang E, S. 1). Eine direkte und sichere Nutzenerwartung (hohe Realisierungswahrscheinlichkeit) wird aufgrund der Einsparung von Kommunikationskosten in allen drei Prozessen gesehen. Die direkte Einsparung von Lohn- und Gehaltskosten wird mit einer geringen Realisierungswahrscheinlichkeit angegeben (siehe Anhang E, S. 1).

Für die „indirekte“ Nutzenkategorie (Kategorie 2) werden die Nutzenkriterien Geschwindigkeitserhöhung und Flexibilitätssteigerung genannt. Es liegt auf der Hand, dass durch das geplante Kommunikationssystem, insbesondere bei der Abstimmung zwischen Designstudio (Innovationsprozess) und dem Zulieferanten (Auftragsabwicklungsprozess Lieferant) die Kommunikation erheblich beschleunigt wird. Obgleich eine Beschleunigung zu erwarten ist, wird die Realisierungschance einen Nutzen zu generieren als gering angesehen. Somit existiert für Kategorie 2 nur in der Spalte „Betrag gering“ ein entsprechender Eintrag (siehe Anhang E, S. 1).

Im Sektor der „vage schätzbaren“ Nutzenkriterien (Kategorie 3) wird mit einer „hohen“ Realisierungswahrscheinlichkeit ein Nutzen aus der Qualitätssteigerung im Auftragsabwicklungsprozess mit dem Lieferanten und in der Steigerung des Images beim Kunden gesehen. Die Verbesserung der Ökologie wird mit kleinem Volumen bei „mittlerer“ und „geringer“ Wahrscheinlichkeit eingestuft. Die Verbesserung der Kundenintegrität und der besseren Marktmacht, wird zwar nur mit „mittlerer“ und „geringer“ Chance, aber mit einem relativ hohem Volumen von jeweils 75.000,- DM eingestuft. Dies bedeutet, dass bei Realisierung des Nutzens eine markante Nutzengröße entsteht (siehe Anhang E, S. 1).

Die bewerteten Nutzenkriterien flossen gemäß Kapitel 3.2.2.2 in die Nutzenanalyse nach *Nagel* ein. Im System wurde die Standardreihenfolge implementiert und als Ordnungskriterium für die kumulierten Nutzenbeträge herangezogen (vgl. Tabelle 3-5). Die aufgestellten Beträge zu den Nutzenkategorien und Realisierungswahrscheinlichkeiten werden zu den neun Basiswerten der Nutzenanalyse zusammengefasst (siehe Anhang E, S. 2). Durch die Reihung der Werte nach der Standardreihenfolge sowie eine Kumula-

tion der Nutzwerte ergibt sich der Nutzenverlauf gemäß Tabelle 7-3, die einen Ausschnitt der Auswertung von Anhang E darstellt.

Tabelle 7-3: Nutzenanalyse Düker

Nr.	Nutzenwerte nach Standardreihenfolge	Nutzenwerte kumuliert
1	75.000,00 DM	75.000,00 DM
2	0,00 DM	75.000,00 DM
3	67.500,00 DM	142.500,00 DM
4	52.500,00 DM	195.000,00 DM
5	0,00 DM	315.000,00 DM
6	120.000,00 DM	315.000,00 DM
7	77.250,00 DM	392.250,00 DM
8	135.000,00 DM	527.250,00 DM
9	78.750,00 DM	606.000,00 DM

nicht empfehlenswert

empfehlenswert

Wie zu erkennen ist, befindet sich der Break-Even Point zwischen der 3. und 4. Stufe, da dort der Punkt liegt, bei dem der Projektaufwand von 161.000,- DM durch den Projektnutzen überschritten wird. Somit kann als Ergebnis der Nutzenanalyse präsentiert werden, dass das Projekt empfehlenswert ist, da bereits nach der 4. Stufe der erwartete Nutzen den Mitteleinsatz übersteigt.

Durch diese Nutzenanalyse lässt sich zwar ein prägnantes Endergebnis bilden, das jedoch auf den sehr erklärungsbedürftigen Nutzenkategorien („direkter“, „indirekter“ und „schwer fassbarer“ Nutzen) sowie auf der Einteilung in die ebenfalls erklärungsbedürftigen Realisierungswahrscheinlichkeiten beruht.

7.3.3.2 Fuzzybasierte Nutzenanalyse

Wendet man die in Tabelle 7-1 aufgestellten Nutzenbeträge auf die in Kapitel 5.2 entwickelte fuzzybasierte Nutzenbewertung an, so erhält man eine tendenziell ähnliche

Aussage wie in der Nutzenanalyse nach *Nagel*. In der fuzzybasierten Nutzenbewertung werden drei Kategorien von Nutzenkriterien gebildet. Die Kategorisierung erfolgt hier nach den angegebenen Realisierungswahrscheinlichkeiten „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ (siehe Kapitel 5.2). Die nach diesen Kategorien gebildeten Gruppen von Nutzenkriterien werden wie oben monetär bewertet. Durch die Zusammenfassung über die Kategorie erhält man drei Werte für die Bildung des Deckungsbeitrages (siehe Anhang F, S. 1 und S. 2).

Der voraussichtliche Projektaufwand wurde in der Analyse mit 161.000,- DM ermittelt. Dieser Betrag dient zur Bestimmung des relativen Deckungsbeitrages in dem die ermittelten Nutzengrößen dem Projektaufwand gegenübergestellt werden. Man erhält in der Auswertung die drei relativen Deckungsbeiträge sowie ihre kumulierten Werte (siehe Anhang F, S. 2). Diese Werte ergeben sich zu 79,19 % für $G1'$, zu 169,10 % für $G2'$ und zu 377,95 % für $G3'$ und gehen in dieser Form in die fuzzybasierte Nutzenbewertung ein. Dort werden die kumulierten Deckungsbeiträge $G1'$, $G2'$ und $G3'$ auf die linguistische Variable „Gesamtnutzen“ angewendet. Man erhält danach die Erfüllungsgrade von $G1'$, $G2'$ und $G3'$ auf die linguistischen Terme „schlechte“, „mittlere“ und „gute“ Nutzensausprägung (siehe Anhang F, S. 1 und vgl. Kapitel 5.2 und 4.3). Im konkreten Falle sind die Erfüllungsgrade für $G1'$ bei schlechter Nutzensausprägung und für $G2'$ sowie $G3'$ bei guter Nutzensausprägung gleich 1. Das Zustandekommen der Zugehörigkeit von 1,0000 ist für die fuzzybasierte Nutzenanalyse nicht typisch, sondern ergibt sich aus den konkreten Analysedaten.

Diese Zugehörigkeiten werden über die Regelbasis, die ausführlich in Kapitel 5.2 diskutiert wurden, zum Endergebnis der fuzzybasierten Nutzenanalyse verdichtet. Man erhält drei Zugehörigkeitswerte für „schlechten“, „mittleren“ und „guten“ Gesamtnutzen. Im Projekt wurde eine Zugehörigkeit von 1,0000 zur Kategorie des mittleren Gesamtnutzen bestimmt. Diese Zugehörigkeiten lassen sich in einer Endaussage formulieren. Das Bewertungstool liefert als Endergebnis die Aussage (siehe Anhang F, S. 2 und 3):

Die durchgeführte Analyse zeigt, dass sich der Nutzen mit einer Zugehörigkeit 0,0000 als schlecht, mit einer Zugehörigkeit 1,000 als mittel und mit einer Zugehörigkeit 0,0000 als gut einschätzen lässt.

In der Analyse ergibt sich auch hier eine Zugehörigkeit mit 1,0000 zum Ergebnis „mittel“. Dies ist für die fuzzybasierte Analyse nicht typisch, sondern in diesem Falle zufällig. Es könnten sich durchaus auch anteilige Zugehörigkeiten zu den jeweiligen Ergebnisgruppen ergeben. Während die Interpretation des Endergebnisses ähnlich prägnant wie bei der Nutzenanalyse ausfällt, gehen in die fuzzybasierte Variante wesentlich einfacher aufzustellende Nutzenkategorien ein. Hier wird lediglich unterschieden in die Gewichtung „hoch“, „mittel“ und „niedrig“, was den Analyseansatz wesentlich vereinfacht und effizienter gestaltet.

7.3.4 Auswertungen und Berichte

Zur Projektdokumentation und Präsentationsvorbereitung können im vierten Modul des Beratersystems die in den verschiedenen Analysestufen erfassten und generierten Daten in Form von gedruckten Dokumenten ausgegeben werden. Im Einzelnen sind das die Dokumente:

- Allgemeine Projektdaten
- Beteiligte Unternehmensprozesse
- Bewertete Nutzenkriterien
- und Nutzenanalyse.

In der ersten Version (Bewertung nach [Nage90]) enthält das Dokument zunächst eine Auflistung der bewerteten Kriterien nach Nutzenkategorie und Realisierungschance getrennt (siehe Anhang E). Danach erfolgt eine zusammengefasste Darstellung des bewerteten Nutzens nach Kategorie und nach Realisierungschance. Die folgende Kumulation der neun zusammengefassten Nutzenwerte ist im Ausdruck gemäß Anhang E zu finden. Wurde im Beratersystem die fuzzybasierte Variante, die nach Kapitel 5.2 implementiert wurde, gewählt, ergibt sich eine Ergebnisdarstellung laut Anhang F. Hier erfolgt zunächst eine Darstellung der Nutzenkriterien und ihrer monetären Bewertung. Nach Kumulation, gemäß obiger Ausführungen und Gegenüberstellung mit dem ermittelten Aufwand, erfolgt eine Darstellung der Deckungsbeiträge und ihrer Zugehörigkeitsgrade. Diese werden über die in Kapitel 5.2 skizzierte Regelbasis zusammengefasst und zu einer Endaussage über das Projekt verdichtet (siehe Anhang F).

7.4 Ergebnisse der exemplarischen Anwendung

Im betrachteten Anwendungsfall von Düker wurden einzelne Nutzenkriterien bestimmt und monetär bewertet. Die Nutzenkriterien ergaben sich aus Modellkosteneinsparung, Kommunikationskostensenkung, Lohn- und Gehaltskosteneinsparung, Geschwindigkeitserhöhung, Flexibilitätssteigerung, besserer Kundenintegration, besserer Marktmacht, besserem Image, höherer Qualität und Verbesserung der Ökologie. Dabei finden sich diese Kriterien in unterschiedlichen Unternehmensprozessen mit unterschiedlicher Realisierungschance, so dass insgesamt 17 Einzelnutzen verbucht wurden. Diese Einzelnutzen gehen als „scharfe“ Größen in Form einer monetär bewerteten Größe in die Nutzenanalyse und in die fuzzybasierte Variante der Nutzenanalyse ein.

Für die Nutzenanalyse wurden diese Kriterien in die Kategorien „direkter“, „indirekter“ und „schwer fassbarer“ Nutzen eingeteilt. Eine weitere Kategorisierung erfolgte in ihren Realisierungschancen unter „hoch“, „mittel“ und „gering“. Da diese Einteilung nur unter der näheren Kenntnis der Nutzenanalyse durchgeführt werden kann, musste ein Mitarbeiter der Fa. Düker in einem ca. 2 Stunden dauernden Gespräch in die Methode nach *Nagel* eingewiesen werden. Da auch zur Interpretation und Ergebnisdarstellung der Nutzenanalyse eine detaillierte Kenntnis der Kategorien und ihrer Bedeutung vorausgesetzt werden muss, ist dieser Zeitaufwand auch für die Schulung der endgültigen Entscheidungsträger einzuplanen.

Anders verhält sich dies bei der fuzzybasierten Nutzenanalyse. Hier wird von drei Stufen der Vagheit eines Nutzenkriteriums ausgegangen, deren Bedeutungen auf der Hand liegen; somit ist nur minimaler Erklärungsbedarf gegeben. Auch das Endergebnis der Analyse kann in einem prägnanten Satz formuliert werden (siehe Anhang F, S. 3). Somit erschien in der Anwendung die fuzzybasierte Variante der Nutzenanalyse als wesentlich einfacher und damit schneller in der Handhabung und Darstellung der Ergebnisse. Allerdings funktioniert die fuzzybasierte Nutzenanalyse nur durch den Einsatz der Regelbasis, die nach außen hin als Black-Box wirkt. Dies hat zur Folge, dass ein Benutzer der fuzzybasierten Variante der Methode vertrauen muss.

Da die Aussagen, die mit der fuzzybasierten Nutzenanalyse gemacht werden, stark von der Qualität der Regelbasis abhängen liegt dort der Ansatz zu Beurteilung der Qualität. Auch wenn die fuzzybasierte Variante in der konkreten Anwendung tendenziell das

gleiche Ergebnis geliefert hat, stellt die Regelbasis, als Kernstück der Methode, einen wichtigen Ansatzpunkt für weitere Forschungen dar.

Beim Vergleich der Ergebnisse der beiden Methoden hat sich gezeigt, dass beide Methoden annäherungsweise zum gleichen Ergebnis führten. Bezüglich der absoluten Qualität der Aussagen lässt sich derzeit kaum Konkretes sagen, da die Qualität der Ergebnisse wesentlich davon abhängt, welche Nutzenkriterien in die Betrachtung einbezogen werden und wie hoch die Verlässlichkeit der Nutzenbewertung ist. Deshalb wäre zur Beurteilung der absoluten Qualität des Analyseergebnisses eine Nachkalkulation unter Kosten-/Nutzenaspekten des durchgeführten Projektes nötig; dies stellt einen Ansatz für nachfolgende Forschungsaktivitäten dar.

Das oben skizzierte Bewertungsmodell wurde im Projekt Düker zunächst angewendet um die Nutzenkriterien zu bestimmen, die dann, wie skizziert, in die Nutzenanalyse einfließen. Es wurden drei Unternehmensprozesse bestimmt, die am geplanten VR-Projekt partizipieren. Bei der Durchführung des konkreten Beratungsprojektes wurden folgende Vorteile beobachtet:

- **Systematische Analyse**
Durch die vorgegebenen Schritte wird das Thema der Nutzenbewertung systematisiert, d. h., es wird zunächst auf einer wertfreien Basis überlegt, wie und an welcher Stelle die Technik auf das Unternehmen wirkt. Ohne zunächst zu überlegen, wie hoch der Nutzen ist und in welchen Einheiten dieser angegeben wird, werden durch die Einbeziehung der betroffenen Unternehmensprozesse die Wirkungen auf die Unternehmensziele analysiert, die hier die Nutzenkriterien repräsentieren.
- **Effiziente Vorgehensweise**
Nachdem ein Vorgehensmodell als Basis für die Analyse dient und das System computergestützt abgearbeitet wird, ist ein effizientes Vorgehen möglich.
- **Keine Überbewertung der Technik**

Bei innovativen Techniken besteht immer die Gefahr, dass durch eine faszinierende Technologie u. U. Vorteile suggeriert werden, ohne dass diese wirklich existieren. Die Analyse über die Unternehmensprozesse hat den Vorteil, dass nicht die Technik als solche bewertet wird, sondern deren Wirkung im Unternehmen.

Die so aufgestellten Nutzenkriterien wurden, um sie in der Nutzenanalyse verwenden zu können, kategorisiert und bewertet. Dies erfolgte in einer ausführlichen Diskussion zwischen dem Autor und einem Mitarbeiter der Projektfirma. Hier stellte sich heraus, dass die verwendete Nutzenanalyse am Ende zwar plausible Ergebnisse liefert, jedoch in ihrer Verwendung sehr erläuterungsbedürftig ist. Insbesondere ergeben sich folgende Probleme:

- Nutzenkategorien

Die Zuordnung der Nutzenkriterien zu den Nutzenkategorien (direkte, indirekte und schwer fassbarer Nutzen) ist nicht immer klar durchzuführen. Insbesondere muss der Benutzer sich detailliert über die Funktion der Methode informieren.

- Realisierungswahrscheinlichkeit

Das gleiche Problem tritt bei der Bestimmung der Realisierungswahrscheinlichkeiten auf (siehe Kapitel 3.2.2.2). Ebenso wie bei den Nutzenkategorien ist zunächst eine Klärung der Begriffe notwendig, was entsprechenden Beratungsaufwand bedeutet.

- Monetäre Sichtweise

Die Nutzenanalyse basiert auf einer monetären Einschätzung, was auf den ersten Blick problematisch erscheint, da gerade schwer fassbare Nutzen sich nur schwerlich als Geldbetrag ausdrücken lassen. Es ist deshalb immer zu überlegen, wie ein Nutzenkriterium wirkt und wie sich diese Wirkung in Zahlen fassen lässt (z. B. Steigerung des Umsatzes um x %, Erreichen von n neuen Kunden, etc.). Erst nach einer Einschätzung der Wirkung kann eine Umrechnung in Geldbeträgen erfolgen. Die eigentliche Problematik ist somit nicht die monetäre Darstellung, sondern die Frage, wie ein Nutzenkriterium sich in einer Einheit bewerten lässt und wie stark diese Wirkung eingeschätzt wird. Dies aber ist ein generelles Problem und nicht spezifisch das der Nutzenanalyse.

- Ergebnisdarstellung

Nachdem die Ergebnisdarstellung der Nutzenanalyse auf der Kategorisierung und den Realisierungswahrscheinlichkeiten basiert, muss auch das letztendlich entscheidende Gremium die entsprechende Kenntnis besitzen. Da aber gerade eine Präsentation prägnant aufgebaut sein soll, ist diese Methode nicht ohne Probleme zu ver-

wenden. Um diese Methode in einer Projektpräsentation einsetzen zu können, müsste sie zunächst aufwändig erläutert werden.

- Fuzzybasierte Nutzenbewertung

Somit führt die durchgeführte Analyse zwar zu plausiblen Ergebnissen, die sich aber für eine Präsentation als zu erklärungsbedürftig erwiesen. Um nun transparentere Ergebnisse zu liefern, wurde die Analyse mit den gleichen Basisdaten (Nutzenkriterien und monetäre Bewertung) mit der in Kapitel 5.2 entwickelten fuzzybasierten Methode durchgeführt. Da zur Analyse lediglich eine Einteilung in die drei plausiblen Kategorien „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ erfolgt und als Ergebnis eine Zugehörigkeit zu den drei Urteilsgruppen „schlecht“, „mittel“ und „gut“ erscheint, ist eine Anwendung der Methode zur Nutzenanalyse vergleichsweise sehr einfach.

Demnach liegt der entscheidende Vorteil der fuzzybasierten Methode darin, dass der Aufwand zur Sammlung und Kategorisierung der Eingangsdaten erheblich geringer ist als bei der klassischen Nutzenanalyse. Ebenso ist der Aufwand zur Interpretation des Ergebnisses bei der fuzzybasierten Methode wesentlich geringer. Hingegen ist der Implementierungsaufwand bei der fuzzybasierten Methode entscheidend höher.

In der prototypischen Umsetzung konnte die klassische Nutzenanalyse in sehr kurzer Zeit mit einem Berichtsgenerator ohne Programmieraufwand erstellt werden. Zur Umsetzung der fuzzybasierten Nutzenbewertung mussten hingegen Programme erstellt werden, die inklusive der Testläufe ca. 3-4 Manntage erforderten.

Während der Benutzer bei der Nutzenanalyse die Methode sehr genau kennen muss, ist eine Kenntnis der inneren Funktion der Methode bei der fuzzybasierten Variante nicht erforderlich. Das prägnante Endergebnis kann hier aufgrund der Regelbasis aufgestellt werden. Im Wesentlichen liefern beide Methoden ähnliche Ergebnisse, wobei die fuzzybasierte Methode deutlich einfacher zu benutzen ist.

Zusammenfassend sollen die Eigenschaften der klassischen Nutzenanalyse und die der unscharfen Nutzenanalyse in Tabelle 7-4 gegenübergestellt werden.

Tabelle 7-4: Ergebnisse aus der exemplarischen Umsetzung

	Klassische Nutzenanalyse	Fuzzybasierte Analyse
Implementierungsaufwand	weniger als 2-3 Stunden	3 bis 4 Manntage
Aufwand für Datenerhebung und –kategorisierung	hoch	gering
Aufwand für Interpretation des Ergebnisses	hoch	gering
Analogie des Ergebnisses	Beide Methoden liefern analoge Aussagen	

Insgesamt stellt das Beratersystem also ein sinnvolles Tool dar, um VR-Einsätze zu planen und zu bewerten. Es systematisiert im ersten Teil die Überlegungen in technischer Richtung und unterstützt insbesondere das Bewertungskalkül. Die fuzzybasierte Variante der Nutzenanalyse stellt eine sehr einfach zu bedienende Variante der Nutzenanalyse dar, deren Ergebnisse sich sehr transparent präsentieren lassen.

Beim Einsatz des Prototypen hat sich gezeigt, dass eine Ableitung der Nutzeneffekte aus den beteiligten Unternehmensprozessen zwar von einem breiten Ausgangsblickwinkel ausgeht, jedoch mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden ist. Hier erscheint der im Vorgehensmodell aufgestellte Ansatz über eine Erfolgsfaktorenanalyse und die daraus automatisch abgeleiteten Nutzenkriterien als ein sinnvoller Ansatz zur Fortentwicklung des Prototypen.

8 Zusammenfassung, Erkenntnisgewinn und Ausblick

8.1 Zusammenfassung der Arbeit

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurden in der Vergangenheit zahlreiche Methoden und Vorgehensmodelle entwickelt. Das Spektrum reicht von formal mathematischen Methoden, wie z. B. die Kapitalwertmethode, bis hin zu sehr weit gefassten Betrachtungsmodellen, wie z. B. die „Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung“ nach *Reichwald* (vgl. [RMSE98], S. 279 ff.). Um für die Beurteilung von IT-Innovationen dienlich zu sein, muss eine Methode möglichst gut die folgenden typischen Anforderungen unterstützen:

- Generische Anwendungen, also Anwendungen, die keine andere Technik substituieren, sondern völlig neu angewandt werden, müssen adäquat bewertet werden können.
- Die Methode muss mehrdimensional sein und demnach mehrere Nutzenmomente gleichzeitig betrachten.
- Schwer fassbare Nutzeneffekte müssen formulierbar sein.
- Synergieeffekte müssen bewertbar sein, was jedoch konform mit der Forderung nach Mehrdimensionalität und schwer fassbaren Nutzeneffekten geht.
- Nachdem die Methode computergestützt durchgeführt werden soll, muss die Methode selbst auf einem Rechner abbildbar sein.
- Die Methode selbst soll transparent sein und ihre Ergebnisse sollen ohne zu große Erläuterung verständlich sein.

Nach näherer Diskussion der bestehenden Methoden in Kapitel 3 wird deutlich, dass diesen Anforderungen die skizzierten Methoden nur punktuell entsprechen. Ein weiterer Nachteil der üblicherweise zum Einsatz kommenden Methoden, wie z. B. Nutzenanalyse und Nutzwertanalyse, ist, dass die Ergebnisdarstellungen stark erläuterungsbedürftig sind. Diese Tatsache ist jedoch in Berichten an das Management oder bei Projektpräsentationen problematisch. Hier werden generell fundierte und klare Fakten und Darstellungen gefordert (vgl. [Wirt00], S. 79). Aus diesem Sachverhalt heraus ent-

steht der Bedarf, einerseits ein geschlossenes Vorgehensmodell zur Bewertung von IT-Innovationen zu entwickeln und andererseits hierin eine Methode zu integrieren, die prägnante Aussagen liefert.

Prägnante Aussagen können durch einen fuzzybasierten Ansatz gewonnen werden. Hierzu wird eine Regelbasis eingesetzt, mit deren Hilfe aus komplexen Eingangsdaten komprimierte Aussagen abgeleitet werden. Um eine fuzzybasierte Nutzenbewertung vorzubereiten, wurde im Kapitel 4 die Fuzzy-Logik thematisiert. Hier sind insbesondere die Schritte der Fuzzifizierung, der Inferenz mit Aggregation, Implikation und Akkumulation und der Schritt der Defuzzifizierung relevant. Als Basis für diese Vorgehensschritte gelten die Linguistischen Variablen und die Regelbasis, die das Expertenwissen repräsentiert.

Auf dieser Basis wurden drei Ansätze zur fuzzybasierten Bewertung von Einzelprojekten entwickelt. Im ersten Ansatz werden monetär bewertete Nutzen durch eine unscharfe Zahl dargestellt. Im zweiten Ansatz erfolgt die Aufstellung und Verwendung einer Regelbasis, durch die ein komprimiertes Endergebnis abgeleitet wird. Im dritten Ansatz wird für jede Nutzenkategorie (z. B. Qualitätssteigerung) ein Regelblock gebildet, in den Nutzenwirkungen aus unterschiedlichen Unternehmensprozessen einfließen. So kann eine fuzzybasierte Nutzenbetrachtung über mehrere Ebenen hinweg erfolgen.

Die hier entwickelten fuzzybasierten Nutzenkalküle sind Grundlage für das im Kapitel 6 konzipierte Vorgehensmodell. Dieses Vorgehensmodell soll einem IT-Manager dienen, Schwachstellen im Unternehmen zu finden, diese Schwachstellen durch IT-Projekte (Innovationen) zu beheben und diese Projekte fuzzybasiert zu bewerten. Ausgangspunkt im Vorgehensmodell ist eine Erfolgsfaktorenanalyse, die Schwachstellen im Unternehmen aufzeigt. Diese Schwachstellen können durch IT-Innovationen eliminiert werden. Hierzu sieht die Konzeption vor, dass das System aus einem Pool von Projekten geeignete vorschlägt, die dann im weiteren Verlauf über die fuzzybasierte Nutzenbewertungsmethode bewertet werden.

Zu einer ausführlichen exemplarischen Behandlung und Bewertung wird aus der Klasse der IT-Innovationen das Thema Virtual Reality ausgewählt. Um eine klare Begriffsabgrenzung für die Arbeit darzulegen, wurde in Kapitel 2 eine Definition formuliert. Demnach zeichnen sich VR-Systeme durch Interaktivität und daraus resultierende

Echtzeitfähigkeit, durch echte dreidimensionale Objektmodelle und durch die Immersionsfähigkeit aus (siehe Kapitel 2). Insbesondere die komplette dreidimensionale geometrische Beschreibung und die Oberflächenbeschreibung sind ein wesentliches Merkmal, das letztendlich die freie Begehrbarkeit und Objektmanipulation ermöglicht. Das Begehen und Agieren in einer VR-Welt geht einher mit der Forderung der Immersion. Unter Immersion ist ein mehr oder minder starkes Eintauchen in die Szene zu verstehen, was jedoch eine aufwändige VR-Peripherie bedingt. Somit sind Szenarien, die mit dieser skizzierten Technik aufgebaut sind, im Sinne dieser Arbeit als Virtual-Reality-Systeme zu sehen.

Um die allgemeine Fragestellung zu klären, welchen ökonomischen Nutzen VR-Technologie stiftet, wurde eine Befragung von ausgewählten VR-Anwendern und -Anbietern durchgeführt. Dabei wurde keine Stichprobenumfrage durchgeführt, sondern es erfolgte eine gezielte Befragung von VR-Experten. Damit repräsentiert die Umfrage ein aufgenommenes Meinungsbild, das informativen Charakter hat. Im Wesentlichen wurden die Experten nach ihrem Profil, nach ihren konkreten VR-Anwendungen, nach ihrer Motivation zum VR-Einsatz, nach angestellten Nutzenbetrachtungen und nach der eingesetzten Technik befragt (siehe auch Kapitel 2). Die Auswertung der Befragung ergab folgende Informationen für die Arbeit:

VR lässt sich im Rahmen der Befragung keiner bestimmten Branche zuordnen. Dabei wurden die VR-Projekte weitgehend isoliert ohne unternehmensweite Prozess-Integration durchgeführt. Der Schwerpunkt der Projekte lag im Bereich der F&E, des Informationsmanagements und der Produktion. Als Gründe für den VR-Einsatz wurde weitgehend eine Kostensenkung, eine Geschwindigkeitserhöhung, eine Steigerung der Flexibilität und eine Verbesserung der Kommunikation genannt. Grundsätzlich wurden die VR-Projekte als nützlich eingeschätzt.

Aufbauend auf dieser Information ist es sinnvoll das Thema der Nutzenbewertung von VR-Projekten aufzugreifen. Nachdem VR eine stark innovative Technik ist, entstehen durch ihren Einsatz nicht nur präzise monetär bewertbare Kosteneinsparungen, sondern auch als schwer fassbar bezeichnete Nutzeneffekte. Diese Nutzeneffekte, die auch bei der Umfrage genannt wurden, lassen sich weiterhin einteilen in: Geschwindigkeitserhöhung, Flexibilitätssteigerung, Qualitätssteigerung und Verbesserung der Wettbewerbssituation. Um eine systematische Analyse der Nutzeneffekte zu ermöglichen,

wurde aufbauend auf dem Vorgehensmodell eine ausschnittsweise Umsetzung des Beratungssystems durchgeführt, mit dem IT-Vorhaben zunächst strukturell analysiert sowie dokumentiert und als zentrale Funktion eine Nutzenbewertung computergestützt durchgeführt werden kann. Wie in Kapitel 7 dargestellt, wurde das Beratertool im Zusammenhang mit einem VR-Projekt der Fa. Düker eingesetzt. Die Einzelheiten des Projektziels und der Systemkonfiguration wurden in Kapitel 7 näher skizziert, so dass hier auf diese Stelle verwiesen wird. Insbesondere ist hier die prägnante Ergebnisdarstellung des Systems herauszustellen.

8.2 Erkenntnisgewinn und weiterer Forschungsbedarf

Zusammenfassend können die Erkenntnisse dieser Arbeit durch folgende Punkte dargestellt werden:

- Die durchgeführte Befragung von Anwendern der VR-Technologie, als exemplarischer Vertreter einer IT-Innovation, hat gezeigt, dass Nutzenbewertungsverfahren bei der Planung der Projekte bis jetzt kaum eingesetzt werden, und somit dieser Bereich **unterentwickelt** ist. Es wurden lediglich in 3 von 28 Fällen die Nutzenanalyse und die Nutzwertanalyse als mehrdimensionale Verfahren genannt. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass ein erheblicher Teil der Befragten keine Kenntnis über Nutzenbewertungsverfahren und deren Möglichkeiten besitzt, aber auch darin, dass keine geeigneten Verfahren in einer handhabbaren Form zur Verfügung stehen.
- Bei der Bewertung von IT-Innovationen treten, neben „direkten“ und „indirekten“, auch in starkem Maße **„schwer fassbare“** Nutzengrößen auf. Unter schwer fassbaren Nutzengrößen sind Effekte zu verstehen, die in ihrem Ausmaß und in ihrer Realisation vage sind. Im Wesentlichen schlagen sich die schwer fassbaren Nutzen durch eine Geschwindigkeitserhöhung, eine Flexibilitäts- und Qualitätssteigerung und durch externe Effekte nieder. Die Bewertung dieser Größen stellt sich als problematisch heraus, da die Einschätzung der Nutzenhöhe nicht direkt vorhergesehen und damit beziffert werden kann.
- Die Nutzeneffekte bei IT-Innovationen sind **mehrdimensional**, d. h. es treten mehrerer Nutzenkriterien in unterschiedlichen Kategorien und an unterschiedlicher Stelle im Unternehmen auf. Diese Nutzenwirkungen können sich gegenseitig beeinflussen, was eine zusätzliche Schwierigkeit bei der Nutzenanalyse bedeutet. Weiter-

hin entsteht bei einer mehrdimensionalen Betrachtung die Problematik, dass Nutzeffekte in unterschiedlichen Einheiten auftreten, d. h., dass z. B. monetäre Größen und nicht monetäre Größen parallel existieren. Diesem Problem kann durch eine Normierung der Größen, z. B. auf monetärer Basis, begegnet werden.

- Die Befragung hat tendenziell gezeigt, dass ein **Bedarf** an einem anwendungsorientierten Verfahren zur Nutzenbewertung von VR-Projekten in der Praxis gegeben ist. Dabei muss das Verfahren die Mehrdimensionalität und den vagen Charakter von Nutzengrößen berücksichtigen. Um das Verfahren in der Praxis effizient einsetzen zu können, muss es automatisiert werden.
- Die prototypische Umsetzung eines softwaregestützten Nutzenbewertungsprozesses hat gezeigt, dass der Bewertungsvorgang **automatisierbar** und damit in effektiver Weise einsetzbar ist. Dabei wird neben der eigentlichen Nutzenbewertung auch die Aufstellung der Nutzengrößen unterstützt. Die Nutzenkalkulation kann dabei über die traditionelle Nutzenanalyse oder durch eine fuzzybasierte Variante beurteilt werden.
- Durch die **Automation** wird die Anwendbarkeit und Geschwindigkeit des Bewertungsvorganges erleichtert und die Analyse in einer strukturierten Vorgehensweise unterstützt. Durch die eingesetzten Fuzzy-Methoden wird eine Vereinfachung der Ergebnisinterpretation erreicht. Insgesamt erhöht sich dadurch die Effizienz des Bewertungsprozesses. Es wurde gezeigt, dass eine Automation der Nutzenbewertung möglich und insgesamt sinnvoll ist.
- Die Problematik der Nutzenbewertung von IT-Innovationen lässt sich durch das Aufstellen eines **Vorgehensmodells**, das die automatisierten Teilbereiche beinhaltet, als Ganzes fassen. Durch das Vorgehensmodell wurde gezeigt, dass der Nutzenbewertungsvorgang **standardisierbar** ist. Die Konzeption des Vorgehensmodells wird anhand der objektorientierten Notation UML dargestellt. Durch diese Metasprache wird ein systematischer und einheitlicher Entwurf ermöglicht und eine automatische Codegenerierung unterstützt. Die Darstellung in UML umfasst die Use-Case-Analyse, die Systemarchitektur, die Funktionale Analyse, die Ablaufstruktur und die Darstellung der Zustandsdiagramme.

Das Vorgehensmodell beinhaltet zwei grobe Schritte. Im ersten Schritt werden bestehende Schwachstellen analysiert und bestimmt, durch welche IT-Innovationen diese eliminiert werden können. So repräsentiert das Ergebnis des ersten Schrittes eine Liste aus einem oder mehreren IT-Projekten, die bestehenden Schwachstellen im Unternehmen begegnen oder Lücken in der IT-Versorgung füllen. In der vorliegenden Konzeption wird hierzu die Erfolgsfaktorenanalyse eingesetzt, da sie präzise auf diese Fragestellung abzielt. Nachdem die kritischen Erfolgsfaktoren bekannt sind, werden IT-Projekte definiert. Dies wird im Vorgehensmodell durch eine Datenstruktur, in der IT-Innovationen und Erfolgsfaktoren gegenübergestellt werden, unterstützt.

Nachdem ein oder mehrere IT-Projekte formuliert sind, werden diese bezüglich ihrer Nutzenwirkung analysiert. Aus den evaluierten Erfolgsfaktoren werden die eigentlichen Nutzenkriterien abgeleitet, in einer fuzzybasierten Nutzenanalyse bewertet und daraus das Endergebnis abgeleitet. Somit steht der Praxis ein strukturiertes und direkt umsetzbares **Vorgehensmodell** zur Nutzenbewertung zur Verfügung, was eine **Ergänzung** und **Erweiterung** der **IT-Controlling-Instrumente** darstellt.

- Die Anwendung der **Fuzzy-Logik** hat gezeigt, dass der Einsatz von unscharfen Methoden in der Nutzenbewertung ein **sinnvoller** Ansatz ist. Nutzengrößen können direkt als unscharfe Zahlen abgebildet werden und somit vage Größen repräsentieren. Das Bewertungskalkül kann in Regelblöcken abgebildet werden, dabei erfolgt die Bestimmung des Gesamtnutzens durch eine Fuzzy-Regelbasis. Durch den Einsatz von Regelbasen wird ein Expertenwissen repräsentiert, das die Analysemethode nach außen hin vereinfacht und somit zu einer effizienteren Nutzenbetrachtung führt. Die Akkumulation von Nutzengrößen über mehrere Kategoriestufen hinweg erfolgt über entsprechende Regelbasen. Als Endergebnis einer fuzzybasierten Analyse kann eine klare Aussage über das zu analysierende Projekt statuiert werden.
- Durch die **prototypische Umsetzung** und Anwendung der entwickelten Verfahren konnte gezeigt werden, dass die fuzzybasierte Analyse zum tendenziell gleichen Ergebnis führt wie die traditionelle Nutzenanalyse. Die Durchführung des Beratungsprojektes hat gezeigt, dass der entscheidende Vorteil der fuzzybasierten Methode gegenüber der klassischen Nutzenanalyse im wesentlich geringeren Auf-

wand zur Sammlung und Kategorisierung der Eingangsdaten liegt. Ebenso ist der Aufwand zur Interpretation des Ergebnisses bei der fuzzybasierten Methode geringer als bei der klassischen Nutzenanalyse. Hingegen ist der Implementierungsaufwand bei der fuzzybasierten Methode entscheidend höher. In der prototypischen Umsetzung konnte die klassische Nutzenanalyse in relativ kurzer Zeit mit einem Berichtsgenerator ohne Programmieraufwand erstellt werden. Zur Umsetzung der fuzzybasierten Nutzenbewertung mussten hingegen Programme erstellt werden, die inklusive der Testläufe ca. 3-4 Manntage erforderten.

Nach den Erkenntnissen der Arbeit sollen abschließend Ansätze für weitere Forschungsvorhaben skizziert werden. Diese beziehen sich im Kern auf das Vorgehensmodell und die hierin enthaltene Methode zur fuzzybasierten Nutzenbewertung.

Periodisierung des Systems

Das in dieser Arbeit dargestellte Vorgehens- und Bewertungskonzept basiert auf der Betrachtung einer Periode. Da aber gerade Innovationen nicht nur in einer Betriebsperiode Kosten verursachen und Nutzen stiften, ist es nötig das System so auszubauen, dass mehrere Zeitabschnitte beobachtet werden können. Hierzu ist die in dieser Arbeit dargestellte fuzzybasierte Nutzenanalyse für jede Periode getrennt durchzuführen. Einen entsprechenden Vorschlag für die traditionelle Methode der Nutzenanalyse gibt *Nagel* in [Nage90]. Dieser kann auf die fuzzybasierte Variante übertragen werden, so dass für jede Periode ein Teilergebnis gebildet werden kann.

Hierzu kann das in Kapitel 5.2 dargestellte Verfahren genutzt werden, das für jede Periode getrennt durchlaufen werden würde. Das Teilergebnis stellt einen Fuzzy-Vektor dar, der die Zugehörigkeit des Ergebnisses zur linguistischen Variable „Gesamtnutzen“ für die Einzelperiode angibt (siehe Kapitel 5.2). Die Fuzzy-Vektoren der Einzelperioden lassen sich über eine weitere noch aufzustellende Regelbasis zu einem Endergebnis zusammenfassen. Hierzu wäre ein zu Kapitel 5.3 analoger Ansatz denkbar, bei dem mehrere Bereiche über eine Regelbasis verbunden wurden. Das Endergebnis hätte dann die Form einer Projektempfehlung, ähnlich wie sie in der Variante in Kapitel 5.2 gegeben wird.

Evaluation der Regelblöcke

In der fuzzybasierten Nutzenbewertung hat die Struktur der Regelbasis einen entscheidenden Einfluss auf das Endergebnis der Analyse. Hier entsteht Forschungsbedarf dahingehend, dass eine Evaluation der Regelblöcke stattfinden muss. D. h., es ist eine Systematik zu entwerfen, die es erlaubt die Qualität der Regelbasis zu überprüfen, und gegebenenfalls zu korrigieren. Im einfachsten Falle könnte das Vorgehensmodell dahingehend erweitert werden, dass eine Komponente zur Nachkalkulation und Abgleich der Prognosen entworfen wird.

Dynamisches Vorgehensmodell

Einen vielversprechenden Ansatz stellt die Dynamisierung des Vorgehensmodells dar. Während das Vorgehensmodell in seiner hier gezeigten Form für eine Betrachtungsperiode und als dem eigentlichen Projekt vorgeschalteter Prozess dargestellt wurde, könnte es ausgedehnt werden als das Projekt permanent begleitendes Schema. Hierzu müssten Kosten- und Nutzengrößen während der Projektlaufzeit erfasst und gebucht werden. Mit diesen Informationen könnte dann in jeder Projektphase das aktuelle Nutzen- und Kostenverhältnis bestimmt werden, was wiederum zum Abgleich der Prognose dienen würde. So wäre denkbar, dass ursprüngliche Prognosen des Systems aufgrund einer aktualisierten Datenbasis revidiert werden würden. Diese Dynamisierung mit permanentem Abgleich ist insbesondere bei IT-Innovationen relevant, da einerseits häufig überzogene Erwartungen gesteckt werden und andererseits sich die IT-Technologie teilweise selber überholt. Das hat zur Folge, dass Projekte noch vor ihrem Abschluss technisch überholt sein können. Durch eine Dynamisierung könnten diese Effekte erkannt werden.

Dynamische Regelbasis

Im Zuge der Dynamisierung des Systems könnten die anfallenden Daten genutzt werden um die Regelbasis der fuzzybasierten Nutzenanalyse auf die aktuelle Situation zu kalibrieren. Dies würde bedeuten, dass die im Projekt konkret erzielten Kosten- und Nutzengrößen auf das Prognoseverhalten der Nutzenanalyse zurückwirken. Dehnt man den Betrachtungshorizont auf mehrere Projekte, die chronologisch hintereinander oder parallel laufen können, aus, so wäre es sinnvoll das System als lernendes Modell zu ges-

talten. Hier besteht ein relevanter Anknüpfungspunkt für „Neuronale Netze“, in deren Kontext entsprechende lernfähige Verfahren angeboten werden (vgl. [HaZi96], S. 38).

Ausdehnung auf IT-Strategien

Die hier diskutierten Fragestellungen zur Bewertung von IT-Innovationen könnten auch auf die Bewertung ganzer IT-Strategien ausgedehnt werden. Dies kann einerseits dadurch erfolgen, dass die gezeigten Nutzenanalysen zur Bewertung einzelner Projekte, die mit einer IT-Strategie verknüpft sind, herangezogen werden und damit ein Rückschluss auf die dahinterstehende Strategie gezogen wird. Auf der anderen Seite ist es denkbar, dass das Vorgehensmodell und die fuzzybasierten Bewertungsmethoden direkt zur Strategiebewertung verwendet werden. Die Anforderungen zur Bewertung einer Strategie sind ähnlich wie bei der Bewertung von IT-Innovationen. Es treten vage und indirekte Nutzengrößen auf, die sich gegenseitig beeinflussen können, und es liegt ein multikriterielles Entscheidungsproblem vor (vgl. [BCGü99], S. 52). Ähnlich wie bei einer Projektbewertung können die Nutzenkriterien einer Strategie formuliert und bewertet werden und über die dargestellten Methoden zu prägnanten Nutzensaussagen verdichtet werden.

Literatur

- ABA194 Aliev, R.; Bonfig, K. W.; Aliev F.: Messen, Steuern und Regeln mit Fuzzy-Logik. München: Franzis Verlag, 1994.
- ABFG94a Astheimer, P.; Böhm, K.; Felger, W.; Göbel, M.; et al.: Die virtuelle Umgebung Teil I. In: Informatik Spektrum. Band 17, 1994, Heft 5, S. 281-290.
- ABFG94b Astheimer, P.; Böhm, K.; Felger, W.; Göbel, M. et al.: Die virtuelle Umgebung Teil II. In: Informatik Spektrum. Band 17, 1994, Nr. 5, S. 357-367.
- ABFH97 Agrawala, M.; Beers, A.; Fröhlich, B.; Hanrahan, P.: The Two-User Responsive Workbench: Support for Collaboration Through Individual Views of a Shared Space. In: Whitted et al. (Hrsg.): Computer Graphics Proceedings, Los Angeles, 1997, S. 327-332.
- ACCr99 Arns, L.; Cook, D.; Cruz-Neira, C.: The Benefits of Statistical Visualization in an Immersive Environment. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 88-95.
- Adam96 Adam, D.: Planung und Entscheidung. 4. Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag, 1996.
- Adam97 Adams, N.: Experiences with Virtual Reality Applications. In: Whitted et al. (Hrsg.): Computer Graphics Proceedings, Los Angeles, 1997, S. 473-476.
- AFSt98 Angele, J.; Fensel, D.; Studer, R.: Vorgehensmodelle für die Entwicklung wissensbasierter Systeme. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. TeubnerVerlag, Stuttgart, 1998.

- Ahls95 Ahlsdorff, M.: Qualitätsmanagement. In: Albe, F.; Sierke, B. (Hrsg.): Branchenübergreifende Erfolgsfaktoren. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1995, S. 27-36.
- AIRL00 o. V., Airline Services, <http://www.vrweb.com/web/dev/airlines.htm>, Stand: 12.02.00
- Alba99 Albach, H.: Innovation und Investition. In: Albach, H. et al. (Hrsg.): ZfB Innovation und Investition 67. Jg., Ergänzungsheft 1, 1999, S. VII-VIII.
- Altr95 v. Altröck, C.: Fuzzy Logic. 2. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1995.
- AnMa97 Anderson, B.; Maidhof, M.: Discussing Large Model Assemblies. In: COMPUTER GRAPHIK topics. Darmstadt, Vol. 9, 1997, Heft 3, S. 29-30.
- Antw95a Antweiler, J.: Wirtschaftlichkeitsanalyse von Informations- und Kommunikationssystemen auf der Basis von Wirtschaftlichkeitsprofilen. In: Information Management. 10. Jg., 1995, Heft 4, S. 56-64.
- Antw95b Antweiler, J.: Wirtschaftlichkeitsanalyse von Informations- und Kommunikationssystemen (IKS). Köln, 1995.
- Arvi99 o. V.: Augmented Reality. www.arvika.de, Stand: 16.09.99.
- AuB194 Aukstakalnis, S.; Blatner, D.: Cyberspace. Köln, 1994.
- Augu90 Augustin, S.: Information als Wettbewerbsfaktor. Köln: Verlag Industrielle Organisation Zürich, 1990.
- AuKr99 Aurenz, H.; Krcmar, H.: Controlling verteilter Informationssysteme. In: Rau, K. H. (Hrsg.): IV-Controlling aktuell. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1999, S. 177-196.

- BaCo00 Bamberg, G.; Coenenberg, A. G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 10. Auflage, München: Vahlen Verlag, 2000.
- BaFr99 Baumöl, U.; Frie, T.: Ein integriertes IV-Controlling-Instrumentarium für Investitions- und Betriebsphase. In: v. Dobschütz, L. et al. (Hrsg.): IV-Controlling aktuell. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1999, S. 123-152.
- BaGo93 Bandemer, H.; Gottwald, S.: Einführung in Fuzzy-Methoden. 4. Auflage, Thun: Akademischer Verlag, 1993.
- Baue96 Bauer, C.: Nutzenorientierter Einsatz von Virtual Reality im Unternehmen. München: Computerwoche Verlag, 1996.
- Baue98 Bauer, K. M.: Aspekte der endkundengerechten Gestaltung von Benutzungsoberflächen für Präsentations- und Verkaufssysteme mit 3D-Techniken. In: Wirtschaftsinformatik, 40. Jg., 1998, Heft 1, S. 6-12.
- BCGü99 Baum, H.-G.; Coenenberg, A. G.; Günther, T.: Strategisches Controlling, 2. Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1999.
- Bern00 Bernhard, M.: Welchen Nutzen bringt uns die IT? In: IT Management. o. J., Heft 6, 2000, S.18-24.
- Bert99a Bertuch, M.: Wahlweise mit 3D-Brille. In: c't, o. Jg., 1999, Heft 12, S. 45.
- Bert99b Bertuch, M.: 3D-Poker. In: c't, o. Jg., 1999, Nr. 19, S. 188-205.
- BeSc98 Bergbauer, J.; Scheffter, D.: MOD!FACT. In: Göbel, M. et al. (Hrsg.): Tagungsband Virtual Environments. Stuttgart, 1998, S. 20-1 – 20-13.
- Beut98 Beuthner, A.: Maus und Tastatur gehören in vielen deutschen Wohnzimmern zum Mobiliar. In: Computer Zeitung, 29. Jg., 1998, Nr. 46, S. 45.

- BHBi96 Bürgel, H. D.; Haller, C.; Binder, M.: F&E Management. München: Vahlen Verlag, 1996.
- BHBO96 Bürgel, H. D.; Hess, K.; Binder, M.; Ohl, S.: Nutzenbewertung von produktübergreifenden Technologie-Projekten. In: Controlling, 1996, Heft 1 Jan./Feb., S. 1-21.
- BHBS99 Boud, A. C.; Haniff, D. J.; Baber, C.; Steiner, S. J.: Virtual Reality and Augmented Reality as a Training Tool for Assembly Tasks. In: Proceedings of the 1999 International Conference on Information Visualization, 1999.
- BHKN97 Biethahn, J.; Hönerloh, A.; Kuhl, J.; Nissen, V. (Hrsg.): Fuzzy Set Theorie in betriebswirtschaftlichen Anwendungen. München, 1997.
- Bick96 Bickel, D.: Anwendungen von Virtual Reality Werkzeugen in der Fertigungsindustrie. In: IDG (Hrsg.): Tagungsband zur Virtual Reality-World 96. Stuttgart, 1996, S. 1-6.
- Biew97 Biewer, B.: Fuzzy-Methoden, Berlin: Springer, 1997.
- Bill99 Billinghamurst, M.: Shared Space; Collaborative Augmented Reality. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99. New York, 1999, S. 178.
- Birk95 Birker, K.: Projektmanagement. 1. Auflage, Berlin: Girdet Verlag, 1995.
- Blan01 Blankart, C. B.: Öffentliche Finanzen in der Demokratie. 4. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 2001.
- BMRu92 v. Biethan, J.; Mucksch, H.; Ruf W.: Ganzheitliches Informationsmanagement. Band I, 2. Auflage, München, 1992.

- BoGa96 Bosshart, O.; Gassmann, O.: Management Strategischer Technologieallianze. In: Gassmann, O. et al. (Hrsg.): Internationales Innovationsmanagement. München: Vahlen Verlag, 1996, S. 187-211.
- Borm94 Bormann, S.: Virtuelle Realität. 1. Auflage, Bonn: Addison Wesley, 1994.
- Boss92 Bossel, H.: Modellbildung und Simulation. Braunschweig: Vieweg 1992.
- Both95 Bothe, H.: Fuzzy Logic. 2. Auflage, Berlin: Springer Verlag, 1995.
- Bund02 o. V.: Forschungsbericht der Bundesregierung zum Aktionsprogramm „Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft“ – Zusammenfassung. Deutsche Bundesregierung, 2002.
- BPPW98 Burdea, G.; Patounakis, G.; Popescu, V.; Weiss, R. E.: Virtual Reality Training for the Diagnosis of Prostate Cancer. In Proceedings IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, Atlanta, 1998, S. 190-197.
- Brem98 Bremer, G.: Genealogie von Entwicklungsschemata. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. TeubnerVerlag, Stuttgart, 1998.
- Brit99 Britschgi, A.: Mit Internet2 in die Zukunft.
www.smartweb.ch/publikationen/internet2.htm, Stand: 16.09.99.
- BrLo02 Breymann, U.; Loviscach, J.: Die neue C-Klasse. In: c't, o. Jg., 2002, Heft 4, S. 98-105.
- Broo99 Brooks, F.: What's Real About Virtual Reality? In: Rosenblum, L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 2-3.

- BrSi02 Siedersleben, J.; Broy, M.: Objektorientierte Programmierung und Softwareentwicklung. In: Informatik Spektrum, Band 25, 2002, Heft 1, S. 3-11.
- Brug94 Brugger, R.: 3D-Computergrafik und -animation. 2. Auflage, Bonn: Addison Wesley Verlag, 1994.
- Brug95 Brugger, R.; Professionelle Bildgestaltung. Bonn: Addison Wesley Verlag, 1995.
- Brüm01 Brümmerhoff, D.: Finanzwissenschaft, 8. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 2001.
- BSSc01 Berens, W.; Siemes, A.; Schulenberg, A.: Projektcontrolling in der Westdeutschen Genossenschafts-Zentralbank eG (WGZ-Bank). In: Controlling, 13. Jg., 2001, Heft 12, S. 623-629.
- BSTe97 Bernardes, P.; Sousa J.; Teixeira C.: Virtual Environments. In: COMPUTER GRAPHIK topics, Vol. 9, 1997, Heft 5, S. 32-33.
- BuKö94 Buxmann, P.; König, W.: Ein Entscheidungsmodell zur Bewertung von Investitionen in Standards – dargestellt am Beispiel von ISO-Standards und CCITT-Empfehlungen für eine offene Datenkommunikation. In: Wirtschaftsinformatik, 36. Jg., 1994, Nr. 3, S. 252-267.
- Bull94 Bullinger, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement. Stuttgart: Teubner Verlag, 1994.
- Burk99 Burkhardt, R.: UML Unified Modeling Language. Bonn: Addison Wesley Verlag, 2. Auflage, 1999.
- Cart99 Carter, B.: Virtual Harlem. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 104.

- ChGr98 Chroust, G.; Grünbacher, P.: Werkzeugunterstützung beim Einsatz von Vorgehensmodellen. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. Teubner Verlag, Stuttgart, 1998.
- CoOx96 Coomans, M. K. D.; Oxma, R. M.: Prototyping of Designs in Virtual Reality. In: 3. Conference of Design and Decision Support Systems in Architecture, Spa, 1996.
- CoWo98 o. V.: Der Verkauf von Büchern über das Internet ist nichts Aufregendes mehr. In: Computer Woche, 1998, Nr. 43, S. 40.
- CoZe96 o. V.: Milliardenmarkt Irreales boomt. In: Computer Zeitung, 27. Jg., 1996, Nr. 14, S. 19.
- Cuip98 Cuiper, R.: CosMonAut – Ein Werkzeug zur Planung und Steuerung von Montageanlagen. In: newsletter iwv, 6. Jg., 1998, Heft 1 / 2, S. 7-8.
- CWS00 o. V.: Cooperative Wholesale Society (CWS).
<http://www.vrweb.com/web/dev/cws.htm>, Stand: 12.02.00.
- DaFF96 Dai, F.; Felger, W.; Frühauf, T. et al.: Virtual Prototyping Examples for Automotive Industries. In: IDG (Hrsg.): Tagungsband zur Virtual Reality World 96. Stuttgart, 1996, S. 1-11.
- Dai97 Dai, F.: Lebendige Welten. Berlin: Springer Verlag, 1997.
- Daum95 Daum, A.: Erfolgskritische Faktoren des Büro-Projektmanagements. In: Steinle, C. et al. (Hrsg.): Projektmanagement. Frankfurt a. M.: FAZ-Verlag, 1995, S. 37-63.
- Dene94 Denert, E.: Objektorientierte Informationssysteme. In: Dorn, B. (Hrsg.): Das informierte Management. Springer Verlag, Berlin, 1994.

- Diehl97 Diehl, S.: VRML. In: Informatik Spektrum, 20. Jg., 1997, Heft 5, S. 294-295.
- DiKI96 Dinkelbach, W.; Kleine, A.: Elemente einer betriebswirtschaftlichen Entscheidungslehre. Berlin: Springer Verlag, 1996.
- DLBL97 Dinsmore, M.; Langrana, N.; Burdea, G.; Ladeji, J.: Virtual Reality Training Simulation for Palpation of Subsurface Tumors. In: Virtual Reality Annual International Symposium, Albuquerque, 1997, S. 54-60.
- Dobs99 v. Dobschütz, L.: IV-Controlling bei Innovationen. In: v. Dobschütz, L. et al. (Hrsg.): IV-Controlling aktuell. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1999, S. 53-66.
- DoZi98 Dorfmueller, K.; Ziegler, H.: Video Based Interactions in Virtual Environments. In: COMPUTER GRAPHIK topics, Darmstadt, Vol. 10, 1998, Heft 1, S. 31-32.
- Drec96 Drechsel, D.: Regelbasierte Interpolation und Fuzzy Control. Braunschweig: Vieweg Verlag, 1996.
- Drei99 Dreisbach, R.: Wissensmanagement auf der Basis systematischer Informationsmodellierung. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Informationsmanagement Prof. Dr. E. Schoop, Dresden, 1999.
- Dux98 Dux, A.; Entwicklung allgemeiner Konzepte zur Simulation fertigungswirtschaftlicher Probleme. Passau: Universität, 1998 bezogen über:
<http://www.fmi.uni-passau.de/~angela/dux>, Stand: 30.04.98.
- Easy00 Commercy AG (Hrsg.): Easy Market 3D Shop System.
<http://www.commercy.ch/d/shops/main.htm>, Stand: 10.02.00.

- Ehrm00 Ehrmann, H.: Balanced Scorecard. Ludwigshafen: Kiehl Verlag, 2000.
- Ehrm92 Ehrmann, H.: Kostenrechnung. München: Oldenbourg Verlag, 1992.
- Ehrm95 Ehrmann, H.: Planung. Ludwigshafen: Kiehl Verlag, 1995.
- EiWe94 Eisenführ, F.; Weber, M.: Rationales Entscheiden. 1. Auflage, Berlin: Springer Verlag, 1994.
- EKPP96 Ebert, G.; Koinecke, J.; Peemöller, V.; Preißler, P. (Hrsg.): Intensivkurs Controlling. 6. Auflage, Landsberg Lech: mi Verlag, 1996.
- Enca96 Encarnacao, J.: Graphische Datenverarbeitung 1. 4. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1996.
- Enca97 Encarnacao, J.: Graphische Datenverarbeitung 2. 4. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1997.
- Erbe99 Erben, R.: Betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten von Fuzzy-Konzepten.
<http://www.wifak.uni-wuerzburg.de/wilan/wifak/bwl/bwl2/research/fuzzybwl.htm>, Stand: 08.07.99.
- Erch93 Erchinger, W.: Wirtschaftlichkeit von Informations- und Kommunikations-Investitionen. In: HMD, 30. Jg., 1993, Nr. 171, S. 104-121.
- ErHe00 Erbslöh, D.; Heyd, R.; et al.: Die neue Schule des Controllers. Steinmüller, P. (Hrsg.), Band 3, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2000.

- FBML98 Fischer, T.; Biskup, H.; Müller-Luschnat, G.: Begriffliche Grundlagen für Vorgehensmodelle. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. Teubner Verlag, Stuttgart, 1998.
- FCS00 o. V.: Aufgaben der Simulation.
http://www.dasa.de/dasa/g/milair/fcs/sim_02.htm, Stand: 24.02.00.
- FeSi98 Ferstl, K.; Sinz, E. J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 1998.
- Fied01 Fiedler, R.: Einführung in das Controlling. 2. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 2001.
- FiSc01 Fisch, H.; Schäfer, C.: Ganzheitliche Unternehmenssteuerung mit der Balanced Scorecard. In: Controlling, 13. Jg., 2001, Heft 6, S. 307-314.
- Fors96 Forschner, M.: Prozeßorientierte Investitionsbewertung von Informationssystemen mit Hilfe der Fuzzy Logic. Stuttgart: Universität, 1996.
- Frey99 Freyermuth, G.: Freizeitpark im Fernsehsessel. In: c't, o. Jg., 1999, Nr. 19, S. 236-241.
- FrHa90 Franke, G.; Hax, H.: Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt. Berlin: Springer Verlag, 1990.
- Frie97 Friedrich, A.: Logik und Fuzzy-Logik. Renningen-Malmsheim: expert Verlag, 1997.
- GeAh01 Gernet, C.; Ahrend, N.: IT-Management: System statt Chaos. München: Oldenbourg Verlag, 2001.

- GePo98 Geist, M.-R.; Popp, H.: Virtual Reality /VR – Anwendungssysteme zur Verkaufsunterstützung. In: Wirtschaftsinformatik. 40. Jg., 1998, Heft 1, S. 33-38.
- GHLS98 Ginsberg, A.; Hodge, P.; Lindstrom, T.; Samoieri, B. et al.: The little Web Schoolhouse: Using Virtual Rooms to create a Multimedia Distance Learning Environment. In: Effelsberg, W. et al. (Hrsg.): Proceedings ACM Multimedia 98, Bristol, 1998, S. 89-98.
- Göbe98 Göbel, M.: Die CyberStage führt in virtuelle Welten. In: Der GMD Spiegel, 28. Jg., 1998, Heft 1, S. 41-42.
- GPMD97 Galli, R.; Palmer, P.; Mascaro, M.; Dias, M. et al.: CODI - A System for Cooperative 3D Design. In: Proceedings Conference on Information Visualization, London, 1997, S. 286-293.
- Grau95 Grauel, A.: Fuzzy Logik. Mannheim: BI Wissenschaftsverlag, 1995.
- Grov99 Groves, M.: Networked Augmented Reality (AR) Future.
<http://www.matra.com.au/~matt/ar.html>, Stand: 16.09.99.
- GrRa99 Grävenmeyer, A.; Rademacher R.; Kongreß der Computergrafiker tanzt ums dreidimensionale Web. In: Computer Zeitung, 30. Jg., 1999, Nr. 32, S. 4.
- GrSc01 Grob, L.; Schultz, M.: Computergestützte Analyse von Entscheidungsbäumen. In: WiSt, 30. Jg., 2001, Heft 3, S. 135-142.
- GSVR94 Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohling, A.; Raster, M.: Prozeßmanagement. München, 1994.

- GVCP98 Guye-Vuilléme, A.; Capin, T. K.; Pandzic, I.; et al.: Nonverbal Communication Interface for Collaborative Virtual Environments. In: Snowdown D. et al. (Hrsg.): Proceedings CVE'98. Manchester, 1998, S. 105-112.
- Haen96 Haenselmann, T.: Raytracing. Bonn: Addison Wesley, 1996.
- HaHi00 Haf, A.; Hitzges, A.: VR-Shop: Virtual Reality Based Shopping Community. Fraunhofer IAO ESPRIT 25024, Stuttgart, 2000.
- Hans95 Hansmann, K.-W.: Prognose und Prognoseverfahren. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 47. Jg., 1995, Heft 3, S. 269-286.
- Häßl96 Häßler, U.: 3D Imaging. Berlin: Springer Verlag, 1996.
- HaZi96 Hantschel, G.; Zimmermann, H. G.: Neuronale Netze zur Prognose in der Finanz- und Automobilwirtschaft. In: Corsten, H.; May, C: (Hrsg.): Neuronale Netze in der Betriebswirtschaft, Wiesbaden: Gabler Verlag, 1996.
- HeHä96 Heinrich, L.; Häntschel, I.: Messen des Erfolges des Benutzer-Service. In: HMD, 33. Jg., 1996, Heft 189, S. 75-97.
- Hein01 Heinrich, L.: Wirtschaftsinformatik. 2. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 2001.
- Hein02 Heinrich, L.: Informationsmanagement. 7. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 2002.
- Helf95 Helfrich, C.: Moderne Systeme und Methoden zu PPS: Simulation und Fuzzy-Technik. In: Effizient, wirtschaftlich und erfolgreich: Einführung und Reorganisation von PPS-Systemen, S. 596 – 619, 1995.

- Here98 Hereth, C.: Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse von Telearbeit. Diplomarbeit - Kurzfassung, http://62.104.25.173:808070x3e6819ad_0x00000b60 vom 12.03.98.
- Hert99 Hertz, P.: Supporting Online Collaborative Communities. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 97-98.
- Hess98 Hesse, W.: Vorgehensmodelle für objektorientierte Software-Entwicklung. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. Teubner Verlag, Stuttgart, 1998.
- Heyd00 Heyd, R.: 7.3 Instrumente des Informationsversorgungsprozesses. In: Steinmüller P. et al. (Hrsg.): Die neue Schule des Controllers. Band 3, Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag, 2000, S. 305-397.
- HKLS99 Hotz, G.; Kerzmann, A.; Lennerz, C.; Schmid, R. et al.: SiLVIA – a Simulation Library for Virtual Reality Applications. In: Rosenblum, L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 82.
- HLMe00 Hoch, D.; Langenbach, W.; Meier-Reinhold, H.: Implementierung von Balanced Scorecards im Spannungsfeld von unternehmerischen Zielsetzungen und Voraussetzungen. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 52. Jg., 2000, Heft 1, S. 56-66.
- HLPS91 Heyde, W.; Laudel, G.; Pleschak, F.; Sabisch, H.: Innovationen in Industrieunternehmen. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1991.
- HoGa00 Horváth, P.; Gaiser, B.: Implementierungserfahrungen mit der Balanced Scorecard im deutschen Sprachraum – Anstöße zur konzeptionellen Weiterentwicklung. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 52. Jg., 2000, Heft 1, S. 17-35.

- Hoit00 Hoitsch, H.-J.: Meinungsspiegel Balanced Scorecard. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 52. Jg., 2000, Heft 1, S. 79-80.
- Hoit95 Hoitsch, H.-J.: Kosten- und Erlösrechnung. Berlin: Springer Verlag, 1995.
- Horv98 Horváth, P.: Controlling, 7. Auflage, München: Vahlen Verlag, 1998.
- Hube99 Huber, H.: Die Bewertung des Nutzens von IV-Anwendungen. In: v. Dobschütz L. et al. (Hrsg.): IV-Controlling aktuell, Wiesbaden: Gabler Verlag, 1999, S. 107-122.
- Hürt93 Hürten, R.: Das Datenmodell als Grundlage für die Aufwandschätzung. In: HMD, 30. Jg., 1993, Heft 169, S. 94-104.
- HuSc01 Wertorientiertes Controlling für forschende Pharmaunternehmen. In: Controlling, 13. Jg., 2001, Heft 6, S. 301-305.
- HWS01 Hess, T.; Wohlgemuth, O.; Schlembach, H.-G.: Bewertung von Unternehmensnetzwerken. In: zfo, 70. Jg., 2001, Heft 2, S. 68-74.
- Hymo98 o. V.: HyMos Hybride Montagesysteme. <http://www.bpu.de/hy mos.de>, Stand: 19.02.98.
- ICI00 o. V.: Virtual Plant Design. <http://www.vrweb.com/web/dev/ici.htm>, Stand: 12.02.00.
- Ihde95 Ihde, G.-B.: Wettbewerbsfähigkeit durch Standortarbitrage. In: Albe ,F.; Sierke B. (Hrsg.): Branchenübergreifende Erfolgsfaktoren. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1995, S. 51-58.

- IJLP99 Imai, T.; Johnson, A.; Leigh, J.; Pape, D. et al.: The Virtual Mail System. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality 1999, Houston, 1999, S. 78.
- Inte02 o. V.: About Internet2. www.internet2.edu/html/about.html, Stand: 21.03.02.
- Inty99 MacIntyre, B.: Augmented Computing Environments: Augmented Reality and Ubiquitous Computing. www.fxpal.xerox.com/chi97/white-papers/Blair%20MacIntyre.html, Stand: 15.09.99.
- IRF00 o. V.: Projektive Virtuelle Realität. <http://www.irf.de/cosimir/vr/ProjektiveVR/ProjektiveVR.htm>, Stand: 07.02.00.
- Irf00a o. V.: Aspekte Projektiver Virtueller Realität. <http://www.irf.de/cosimir/vr/ProjektiveVR/AspekteProjektiverVR.htm>, Stand: 07.02.00.
- Irf00b o. V.: Projektive Virtuelle Realität in der industriellen Anwendung. <http://www.irf.de/cosimir/vr/ProjektiveVR/Industrie.htm>, Stand: 07.02.00.
- IWFu97 Ikei, Y.; Wakamatsu, K.; Fukuda, S.: Vibratory Tactile Display of Image-Based Textures. In: IEEE Computer Graphics and Applications, Band 17, 1997, November/December 1997, S.53-61.
- JAHK97 Jasnoch, U.; Anderson, B.; Hofrock, I.; Koch, M.: VIRGO: Towards Human Aspects in Virtual Prototyping. In: COMPUTER GRAPHIK topics, Vol. 9, 1997, Heft 3, S. 25-26.
- JaSt98 Jablonski, S.; Stein, K.: Workflow-Management-Anwendungen. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. Teubner Verlag, Stuttgart, 1998.

- Jenn01 Jenny, B.: Projektmanagement in der Wirtschaftsinformatik. 5. Auflage, vdf Verlag, Zürich, 2001.
- JHSt98 Johannsen, A.; Haake J.; Streitz, N.: Telekooperation in Virtuellen Organisationen – Potentiale verteilter Sitzungsunterstützungssysteme. In: Wirtschaftsinformatik, 40. Jg., 1998, S. 214-222.
- JMOG99 Johnson, A.; Moher, T.; Ohlsson, S.; Gillingham, M.: The Round Earth Project: Deep Learning in a Collaborative Virtual World. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 164-171.
- John99a Johnson, C.: Evaluating the Contribution of Desktop VR for Safety-Critical Applications. In: Lecture Notes in Computer Science 1698. Heidelberg, 1999, S. 67 ff.
- John99b Johnson, A.: The Round Earth Project: Collaborative VR for Elementary School Kids. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 90-93.
- JöLe99 Jöstingmeier, B.; Lessel, M.: Innovationsprojekte erfolgreich durchführen. In: zfo, 68. Jg., 1999, Heft 5, S. 292-295.
- Jona95 Jonas, M.: Unternehmensbewertung: Zur Anwendung der Discounted-Cash-flow-Methode in Deutschland. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 47. Jg., 1995, Heft 1, S. 83-98.
- JRLV98 Johnson, A.; Roussos, M.; Leigh, J.; Vasilakis, C. et al.: The NICE Project: Learning Together in a Virtual World. In: Proceedings IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, Atlanta, 1998, S. 176-183.

- JWJa99 Jayaram, S.; Wang, Y.; Jayaram, U.: A Virtual Assembly Design Environment. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 172-179.
- KaFr93 Kahlert, J.; Frank, H.: Fuzzy-Logik und Fuzzy-Control. Braunschweig: Vieweg Verlag, 1993.
- Kahl97 Kahle, E.: Betriebliche Entscheidungen. 4. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1997.
- Kame99 Kameyama, K.: Tangible Modeling System. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 279.
- KaNo92 Kaplan, R.; Norton, D.: The Balanced Scorecard measures that Drive Performance. In: Harvard Business Review, Vol. 70, 1992, No. 1, S. 71-79.
- KaNo93 Kaplan, R.; Norton, D.: Putting the Balanced Scorecard to Work. In: Harvard Business Review, Vol. 71, 1993, No. 5, S. 134-147.
- KaNo96 Kaplan, R.; Norton, D.: Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. In: Harvard Business Review, Vol. 74, 1996, No. 1, S. 75-85.
- KaRe98 Kasten, L.; Borchert, R.: Strategische Geschäftsfeldanalyse BWG/GRZ, Lehrte-Hannover. <http://www.grznord.de/buecher/buch3/1142.htm>, Stand: 10.03.98.
- Karg99 Kargl, H.: DV-Controlling. 4. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1999.
- Kein94 Keinath, T.: Wirtschaftlichkeit von Dokumenten-Management-Systemen. In: HMD, 31. Jg., 1994, Heft 178, S. 102-111.

- KeLu97 Kehler, B.; Lukas, U.: Rechnergestützte Kommunikation und Kooperation in der Produktentwicklung. In: COMPUTER GRAPHIK topics, Darmstadt, Vol. 9, 1997, Heft 6, S. 14-15.
- Kes199 Kesler, C.: Education Delivered Through Storytelling: Using Virtual Reality as an Educational Tool. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 41.
- KeTe97 Keller, G.; Teufel, T.: SAP R/3 prozeßorientiert anwenden. Bonn: Addison Wesley, 1997.
- KGK195 Kruse, R.; Gebhardt, J.; Klawonn, F.: Fuzzy-Systeme. 2. Auflage, Stuttgart: Teubner Verlag, 1995.
- KiKi98 Kindratenko, V.; Kirsch, B.: Sharing Virtual Environments over a Transatlantic ATM Network in Support of Distant Collaboration in Vehicle Design. In: Göbel, M. et al. (Hrsg.): Tagungsband Virtual Environments. Stuttgart, 1998, S. 48-1 bis 48-13.
- KJKB98 Koppenhöfer, C.; Johannsen, A.; Krcmar, A.; Bumiller, J.: Bedarf und Nutzung von Telekooperationssystemen im verteilten Produktentwicklungsprozeß. In: Anderl, R. et al. (Hrsg.): Tagungsband Tele-CAD Produktentwicklungen in Netzwerken. Darmstadt, 1998, S. 121-131.
- KJKr98 Koppenhöfer, C.; Johannsen, A.; Krcmar H.: Bedarf und Szenarien für die Telekooperation in der verteilten Produktentwicklung. In: Industrie Management Telemanufacturing, 14. Jg., 1998, Heft 3, S. 16-19.
- KJO01 Koop, H. J.; Jäckel, K.; Offern, A. J.: Erfolgsfaktor Content Management. 1. Auflage, Vieweg Verlag, Braunschweig, 2001.
- KKWe96 Koch, M.; Kuhn, T.; Wernstedt, J.: Fuzzy Control: München: Oldenbourg Verlag, 1996.

- Klin00 Klingenberg, C.: Die Bedeutung der Balanced Scorecard für die Strategieentwicklung der Deutschen Lufthansa AG. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 52. Jg., 2000, Heft 1, S. 67-71.
- KLTi98 Kaindl, H.; Lutz, B.; Tippold., B.: Methodik der Softwareentwicklung. Vieweg Verlag, Braunschweig, 1998.
- Koli01 Kolisch, R.: Entwicklung und Anwendungen in der Projektplanung – Ein Überblick. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 53. Jg., 2001, Heft 3, S. 212-226.
- KrBu00 Krcmar, H.; Buresch, A.: IV-Controlling – Ein Rahmenkonzept. In: Krcmar, H. et al. (Hrsg.): IV-Controlling auf dem Prüfstand. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2000, S. 1-19.
- KrBu94 Krcmar, H.; Buresch, A.: IV-Controlling. In: Controlling, Heft 5, 1994, S. 294-304.
- Krcm97 Krcmar, H.: Informationsmanagement. Berlin: Springer Verlag, 1997.
- Kree99 Kress, M.: Kundenindividuelle Serienfertigung. In: newsletter iwB, 7. Jahrg., Nr. 2/3, 1999, S. 6-7.
- Krei97 Kreikebaum, H.: Strategische Unternehmensplanung. 6. Auflage, Stuttgart: Kohlhammer Verlag, 1997.
- KrSc98 Krcmar, H.; Schwabe, G.; Telekooperation. In: Bürgel H. (Hrsg.): Wissensmanagement – Schritte zur intelligenten Unternehmung. Heidelberg: Springer Verlag, 1998, S. 93-105.
- Krus96 Kruse, R.: Fuzzy-Systeme - Positive Aspekte der Unvollkommenheit. In: Informatik-Spektrum, Band 19, 1996, Heft 1, S. 4-11.

- KSER97 Kuschfeldt, S.; Schulz, M.; Ertl, T.; Reuding, T. et al.: The Use of a Virtual Environment for FE Analysis of Vehicle Crash Worthiness. In: Virtual Reality Annual International Symposium, Albuquerque, 1997, S. 209.
- Kühn97 Kühner, H.: Virtual Table. In COMPUTER GRAPHIK topics, Darmstadt, Vol. 9, 1997, Heft 3, S. 21-22.
- Kuri00 Kuri, J.: Grabenkämpfe. In: c't. o. Jg., 2000, Heft 4, S. 158-162.
- KuSp00 Kunkowsky, H.-R.; Spitta, T.: Controlling von IV-Projekten und -Ressourcen. In: Controlling, 12. Jg., 2000, Heft 10, S. 507- 512.
- Lack99 Lackner, W.: Forschung an virtuellen Realitäten. In: 3DLIVE, 4. Jg., 1999, Nr. 4, S. 48-54.
- LaGH98 Laliot, V.; Garcia, C.; Hasenbrink, F.: Meet.Me@Cyberstage: towards Immersive Telepresence. In: Göbel, M. et al. (Hrsg.): Tagungsband Virtual Environments. Stuttgart, 1998, S. 16-1 bis 16-10.
- Lali99 Lalioti V., Immersive Telepresence, 1999.
http://imk.gmd.de/docs/ww/ve/proj1_1.mhtml, Stand: 13.09.99.
- LARR00 o. V., Virtual Reality and Aero Engine Design.
<http://www.vrweb.com/web/dev/large-rr.htm>, Stand: 12.02.00.
- Laus87a Lauser, R.: Ökonomische Kriterien-„Unterfutter“ als Bewertungshilfe. Serie, Teil 1. In: Computerwoche, 1987, Nr. 36, vom 04.09.1987.
- Laus87b Lauser, R.: Ökonomische Kriterien-„Unterfutter“ als Bewertungshilfe. Serie, Teil 2. In: Computerwoche, 1987, Nr. 37, vom 11.09.1987.
- Laus87c Lauser, R.: Ökonomische Kriterien-„Unterfutter“ als Bewertungshilfe. Serie, Teil 3. In: Computerwoche, 1987, Nr. 38, vom 18.09.1987.

- Laux98 Laux, H.: Entscheidungstheorie. 4. Auflage, Berlin: Springer Verlag, 1998.
- Lehn95 Lehner, F.: Die Erfolgsfaktoren-Analyse in der betrieblichen Informationsverarbeitung. In: ZfB. 65. Jg., 1995, Heft 4, S. 383-409.
- LHMa95 Lehner, F.; Hildebrand, K.; Maier, R.: Wirtschaftsinformatik. Hanser Verlag, München, 1995.
- Linn00 Linnebank, R.: Die Entscheidungstheorie als Grundlage einer präferenzorientierten Leistungspolitik von Kreditinstituten. Frankfurt a. M.: Knapp Verlag, 2000.
- LIST97 o. V.: Liste der Anbieter zum Thema VR CeBit97. aus Informationssystem der Messe AG Hannover, Hannover, 1997.
- Litt98 Littkemann, J.: Projektmanagement und Projektcontrolling. In: zfo, 67. Jg., 1998, Heft 2, S. 68-73.
- LJFB99 Leigh, J.; Johnson, A.; DeFanti, T.; Brown, M. et al.: A Review of Tele-Immersive Applications in the CAVE Research Network. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 180-187.
- LuCa95 Ludwig, P.; Cas K.: Virtual Reality Betriebswirtschaftliche Anwendungen, Kosten, Nutzen. Erlangen: FORWISS, 1995.
- Ma99 Ma, K.-L.: Visualizing Large-Scale Datasets: Challenges and Opportunities. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 133-135.
- Mag90 Mag, W.: Grundzüge der Entscheidungstheorie. München: Vahlen Verlag, 1990.

- Mähl95 Mählk, H. (Hrsg.): Effizient, wirtschaftlich und erfolgreich, Eschborn: Rationalisierungs Kuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW) e. V., 1995.
- Mand94 Mandl, P.: Räumliche Entscheidungsunterstützung mit GIS: Nutzenanalyse und Fuzzy-Entscheidungsmodellierung. In: o. Hrsg.: Tagungsband AGIT 94. Salzburg, 1994, <http://dwst02.edvz.sbg.ac.at/geo/agit/papers94/mandel.htm>, Stand: 21.07.99.
- MaOd99 Martin, J.; Odell, J. J.; Objektorientierte Modellierung mit UML. Das Fundament. Prentice Hall Verlag, Markt&Technik Verlag, München, 1999.
- Mass98 Massie, T.: A Tangible Goal for 3D Modeling. In: IEEE Computer Graphics and Applications, Band 18, Mai-Juni 1998, S. 62-65.
- Masu99 Masuda, N.: Virtual Science Laboratory. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 104.
- MCST97 Millar, D. S.; Cimera, R. E.; Shelden, D. L.; Thakkar, U.: Crossing Streets: A K-12 Virtual Reality Application for Understanding Knowledge Acquisition. In: Virtual Reality Annual International Symposium, Albuquerque, 1997, S. 211.
- McSt98 McCarthy, L.; Stiles, R.: Enabling Team Training in Virtual Environments. In: Snowdown, D.; et al. (Hrsg.): Proceedings CVE'98. Manchester, 1998, S. 113-121.
- Meck99 Meckelein Jens, Potentiale und Sicherheitsaspekte der Internet-Technologie im betrieblichen Einsatz, Diplomarbeit an der FH-Würzburg, 1999.

- Mert97 Mertens, P.: Integrierte Informationsverarbeitung 1. Wiesbaden: Gabler Verlag, 12. Auflage, 1997, <http://doc.axis.de/buecher/iv1/index.htm>, Stand: 13.07.00.
- MiWe90 Michel, R.; Weiss, A.: Die permanente Innovation. Frankfurt a. M.: Campus Verlag, 1990.
- MMKu90 Musgrave, R. A.; Musgrave, P. B., Kullmer, L.: Die öffentlichen Finanzen in Theorie und Praxis. 5. Auflage, Tübingen: UTB Verlag, 1990.
- MQCh97 Mourant, R.; Qiu, N.; Chiu, S.: A Distributed Virtual Driving Simulator. In: Virtual Reality Annual International Symposium, Albuquerque, 1997, S. 208.
- Nage90 Nagel, K.: Nutzen der Informationsverarbeitung. 2. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1990.
- NCCr99 Nelson, L.; Cook, D.; Cruz-Neira, C.: Xgobi vs the C2: Results of an experiment comparing data visualization in a 3-D immersive virtual reality environment with a 2-D workstation display. In: Computational Statistics, Vol. 14, 1999, Nr. 3, S. 39-51.
- Neum98 Neumann, H. A.: Objektorientierte Softwareentwicklung mit der Unified Modeling Language (UML). München: Hanser Verlag, 1998.
- Niem91 Niemeier, J.: Analyse- und Gestaltungsmethoden für den Bürobereich. In: Bullinger, H.-J.: Handbuch des Informationsmanagements im Unternehmen. Band II, München: C. H. Beck Verlag, 1991, S. 925-966.
- Ott01 Ott, N.: Unsicherheit, Unschärfe und rationales Entscheiden. Heidelberg: Physica Verlag, 2001.

- Ott93 Ott, H. J.: Wirtschaftlichkeitsanalyse von EDV-Investitionen mit dem WARS-Modell am Beispiel der Einführung von CASE. In: Wirtschaftsinformatik, 35. Jg., 1993, Nr. 6, S. 522-531.
- PaAu00 Pantelidis, V.; Auld, L.: Virtual Reality and Education Laboratory. <http://www.soe.ecu.edu/vr/otherpgs.htm>, Stand: 12.02.00.
- Pala99 Palamidese, P.: A Virtual Reality Interface for Space Planing Tasks. In: Journal of Visual Languages & Computing, Vo. 10, Nr. 2, 1999, S. 99-115.
- PaRo99 Patron, C.; Roßgoderer, U.: Planung hybrider Arbeitsplätze mit virtueller Realität, iwB BAIKA Kooperationsforum „Virtual Reality“, 1999.
- Pesc97 Pesce, M.: VRML, München: Hanser Verlag, 1997.
- PiRe87 Picot, A.; Reichwald, R.: Bürokommunikation. 3. Auflage, München: AIT Angewandte Informations Technik, 1987.
- PiTe95 Pimentel, K., Teixeira, K.: Virtual Reality. 2. Auflage, New York: Intel Verlag, 1995.
- PKPf00 Pfaff, D.; Kunz, A.; Pfeiffer, T.: Balanced Scorecard als Bemessungsgrundlage finanzieller Anreizsysteme – Eine theorie- und empiriebegleitende Analyse der resultierenden Grundprobleme. Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 52. Jg., 2000, Heft 1, S. 36-55.
- PISa96 Pleschka, F.; Sabisch, H.: Innovationsmanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1996.
- Popp94 Popp, H., Anwendungen der Fuzzy-Set Theorie in Industrie- und Handelsbetrieben. In: Wirtschaftsinformatik. 36. Jg., 1994, Heft 3, S. 268-285.

- Port96 Porter, M.: Wettbewerbsvorteile. Frankfurt/Main: Campus Verlag, 1996.
- Prei98 Preißler, P.: Controlling. 10. Auflage, München: Oldenbourg Verlag, 1998.
- PRGo96 Pribilla, P; Reichwald, R.; Goecke, R.: Telekommunikation im Management. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1996.
- PRWi98 Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R.: Die grenzenlose Unternehmung. 3. Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag, 1998.
- PuTa96 Pullwitt, S.; Tannenbaum, K. G.: Vorgehensmodell der Deutschen Telekom. Oldenbourg Verlag, München, 1996.
- Rade97 Rademacher, R.: NASA stellt neue VR-Mission vor. Grafiker feiern Web als Massenmedium. In: Computer Zeitung, 28. Jg., 1997, Nr. 32, S. 1.
- Ramm88 Rammert, W.: Das Innovationsdilemma. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1988.
- RCHE00 o. V., REALITYCheck, <http://www.vrweb.com/web/dev/rcheck.htm>, Stand: 12.02.00.
- ReBa95 Retter, G.; Bastian, M.: Kombination einer Prozeß- und Wirkungskettenanalyse zur Aufdeckung der Nutzenpotentiale von Informations- und Kommunikationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik, 37. Jg., 1995, S. 117-128.
- ReBl99 Reinhart, G.; Blessing, S.: Mechatronische Produkte und Virtuelle Produktion. In: newsletter iw, 7. Jahrg., Nr. 2/3, 1999, S. 1-2.
- Rehä00 Rehäuser, J.: Prozessorientiertes Informationsmanagement-Benchmarking. In: Krcmar, H. et al. (Hrsg.): IV-Controlling auf dem Prüfstand. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2000, S. 189-229.

- ReHW95 Reichwald, R.; Höfer, C.; Weichselbaumer, J.: Bewertung und Auswahlentscheidungen. In: Luczak, H. et al. (Hrsg.): Experte Mitarbeiter. Köln, 1995.
- Reic88 Reichwald, R.: Die Mehrebenenbetrachtung in der Wirtschaftlichkeit setzt sich durch. In: Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Bürokommunikation 88. Düsseldorf, 1988.
- Reic98 Reichwald, R.: Fallbeispiele und Erfahrungen zur Telearbeit und Telekooperation. <http://www.telekooperation.de/doc/studien/kap21.html>, Stand: 26.06.98.
- Rein97a Reinberg, S.: Integration von Fuzzy-Methoden in Bewertungsverfahren. In: Schrenk, M. (Hrsg.): Tagungsband zur CORP 97, 1997, bezogen über <http://osiris.iemar.tuwien.ac.at/~corp/corp97/html/reinberg.htm>, Stand:30.04.98.
- Rein98 Reiners, D.: Augmented Reality, www.igd.fhg.de/www/igd-a4/ar/ar.html, Stand: 15.09.99.
- ReMö97 Reichwald, R.; Möslein, K.: Innovationsstrategien und neue Geschäftsfelder von Dienstleistern – Den Wandel gestalten. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Dienstleistungen für das 21. Jahrhundert. Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag, 1997, S. 75-105.
- ReWe97 Reichwald, R.; Weichselbaumer, J.: Erfolgs-Controlling von Reorganisationen. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Umsetzung. In: Controlling, 1997, Heft 3, S. 156-169.
- RHWe96 Reichwald, R.; Höfer, C.; Weichselbaumer, J.: Erfolg von Reorganisationsprozessen. Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag, 1996.
- Rich99 Richter, F.: Simulation: die Wirklichkeit von morgen. <http://www.reedcontrol.ch/raumfahrt/simul.htm>, Stand: 24.02.00.

- Rieg01 Riegler, T.: Wertorientierte Unternehmensführung – Umsetzungserfahrung im DaimlerChrysler Konzern. In: krp-Kostenrechnungspraxis, 45. Jg., 2001, Heft 2, S. 89-94.
- RKPa99 Rick, F.; Kress, M.; Patron, C.: Virtuelle Produktion. In: newsletter iwB, 7. Jahrg., Nr. 2/3, 1999, S. 5-6.
- RMSE98 Reichwald, R.; Möslin, K.; Sachenbacher, H.; Englberger, H.: Telekooperation. Berlin: Springer Verlag, 1998.
- Romm94 Rommelfanger, H.: Fuzzy Decision Support-Systeme. 2. Auflage, Berlin: Springer Verlag, 1994.
- Romm97 Rommelfanger, H.: Regelbasierte Entscheidungsunterstützung mit Fuzzy-Logik. In: v. Biethahn, J. et al. (Hrsg.): Fuzzy Set Theorie in betriebswirtschaftlichen Anwendungen. München, 1997, S. 175-189.
- Rüsi98 Rüsing, E.: FEM-Simulation unterstützt die Konstruktion. In: VDI-Z Integrierte Produktion. o. Jg., 1998, Heft 1, S. 14-16.
- RWCL98 Raskar, R.; Welch, G.; Cutts, M.; Lake, A. et al.: The Office of the Future: A Unified Approach to Image-Based Modeling and Spatially Immersive Displays. In: Computer Graphics Proceedings SIGGRAPH 98, Orlando, 1998, S. 1-10.
- Rzeh96 Rzehak, H. (Hrsg.): Echtzeitsysteme und objektorientierter Entwurf. Braunschweig: Vieweg Verlag, 1996.
- Sali90 Saliger, E.: Entscheidungstheoretische Planung. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1990.
- Sali93 Saliger, E.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. München: Oldenbourg Verlag, 1993.

- SaSr97 Salisbury, J. K.; Srinivasan, M. A.; Phantom-Based Haptic Interaction with Virtual Objects. In: Rosenblum et al. (Hrsg.): IEEE Computer Graphics and Applications, 1997, S. 6-10.
- SaSu00 o. V.: Sainsburrys Supermarkets.
<http://www.vrweb.com/web/dev/js981.htm>, Stand: 12.02.00.
- SBSi98 Schumann, H.; Burtescu, S.; Siering, F.: Applying Augmented Reality Techniques in the Field of Interactive Collaborative Design, Lecture Notes in Computer Science 1506, Heidelberg, 1998.
- Scha99 Scharf, A.: Konstruktion verläßt ihren Elfenbeinturm. In: Information Week, o. Jg., Nr. 4, 1999, S. 40- 43.
- Sche86 Scherff, J.: Ermittlung der Wirtschaftlichkeit moderner Informations- und Kommunikationssysteme. In: HMD, 23. Jg., 1986, Heft 131, S. 3-15.
- Schm97 Schmidt, G.: Organisationsanalyse – Methoden und Technik der Organisation. 11. Auflage, Gießen: Dr. Götz Schmidt Verlag, 1997.
- Schm98 Schmitz, U.: Im virtuellen Ozenarium toben Fische ihr natürliches Verhaltensrepertoire aus. In: Computer Zeitung, 29. Jg., 1998, Nr. 32, S. 6.
- Schn91 Schneeweiß, C.: Planung. Band 1, Berlin: Springer Verlag, 1991.
- Scho99a Schoop, E.: Dokumentenmanagement. In: WISU, 28. Jg., 1999, Heft 10, S. 1346-1360.
- Scho99b Schoop, E.: Informationsmanagement. In: WISU, 28. Jg., 1999, Heft 4, S. 556-568.
- Schu93 Schulte, U.: Einführung in die Fuzzy-Logik. München: Franzis Verlag, 1993.

- Schu96a Schult, T.: Neue Sinnlichkeit. In: c't, o. Jg., 1996, Heft 5, S. 134-138.
- Schu96b Schumm, A.: Wirtschaftlichkeitsanalysen von PC-Infrastrukturen als Aufgabe des IS-Controlling. Frankfurt a. M: Lang Verlag, 1996.
- Schw96 Schweres, M.: Forschungsbericht Universität Hannover 1995 Institut für Arbeitswissenschaft und Didaktik des Maschinenbaus (IADM) 08.16.00. www.tt.uni-hannover.de/forber/0134.htm, Stand: 1998.
- ScWi99 Schmalen, H.; Wiedemann, C.: Erfolgsdeterminanten von Neuprodukten deutscher Hochtechnologie-Unternehmen. In: Albach, H. et al. (Hrsg.): ZfB Innovation und Investition, 67. Jg., 1999, Ergänzungsheft 1, S. 69-89.
- ScWo86 Schäfer, G., Wolfram, G.: FAOR-Methode zur Analyse und Bewertung von Kosten- und Nutzenfaktoren von Bürosystemen. In: HMD, 23. Jg., 1986, Heft 131, S. 54-65.
- SDBu01 Schön, D.; Diedrichs, M.; Busch, V.: Chancen- und Risikomanagement im Projektgeschäft. In: Controlling, 13. Jg., 2001, Heft 7, S. 379-387.
- SeGu00 Seemann, J.; Gudenberg, J. W.: Software-Entwurf mit UML. Springer Verlag, Berlin, 2000.
- SeGu98 Seemann, J.; Gudenberg, J. W.: UML – Unified Modeling Language. In: Informatik Spektrum, 21. Jg., 1998, Heft 2, S. 89-90.
- SeHe99 Seibert, F.; Hildebrand, A.: Stereo based Augmented Reality applied within a Medical Application. In: COMPUTER GRAPHIK topics, Vol. 11, 1999, Nr. 1, S. 24-26.
- SEKS00 Sun, L.; Elkmann, N.; Kyn, R.; Schmucker, U. et al.: Robotersteuerung mit kraftrückgekoppeltem Joystick, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung, Magdeburg, 2000.

- SEKu99 Spitta, T.; Ellerbrock, R.; Kuhlmann, A.: IV-Controlling und Informationsmanagement im Mittelstand – Abschließende Ergebnisse einer Feldstudie. In: Wirtschaftsinformatik, 41. Jg., Heft 6, 1999, S. 506-515.
- Sera94 Seraphin, M.: Neuronale Netze und Fuzzy-Logik. München: Franzis Verlag, 1994.
- SERe99 Schulz, M.; Ertl, T.; Reuding, T.: Crashing in Cyberspace – Evaluating Structural Behavior of Car Bodies in a Virtual Environment. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 160-166.
- Side97 Sides, E. J.: Geological modelling of mineral deposits for prediction in mining. In: Geologische Rundschau, Vol. 86, Nr. 2, 1997, S. 342-353.
- SiSc90 Sieben, G.; Schildbach, T.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 3. Auflage, Düsseldorf: Werner Verlag, 1990.
- SiUh98 Sinzig, W.; Uhr, W.: Management Support Systeme. In: Wirtschaftsinformatik, 40. Jg., 1998, Heft 6, S. 481-482.
- SLKr95 Steinle, C.; Lawa, D.; Kraege, R.: Projektcontrolling: Konzept, Instrumente und Formen. In: Steinle, C. et al. (Hrsg.): Projektmanagement. Frankfurt a. M.: FAZ-Verlag, 1995, S. 131-149.
- Soft99 o. V., Software für Windows und Mac. Softline, Offenburg, 1999.
- Spie93 Spies, M.: Unsicheres Wissen, Heidelberg: Spektrum Akad. Verlag, 1993.

- SSSo98 Stansfield, S.; Shawver, D.; Sobel A.: MediSim: A Prototype VR-system for Training Medical First Responders. In: Proceedings IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, Los Alamitos, 1998, S. 198-205.
- SSVa00 Schäfer-Kunz, J.; Simoneit, M.; Vahs, D; et al.: Die neue Schule des Controllers. Steinmüller, P. (Hrsg.), Band 1, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2000.
- STB199 Steele, F.; Thomas, G.; Blackmon, T.: An Operator Interface for a Robot-Mounted, 3D Camera System: Project Pioneer. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 126-132.
- Ste100 Steinweg, C.: Projektkompass Softwareentwicklung. 3. Auflage, Vieweg Verlag, Braunschweig, 2000.
- Stra99 Stratmann, C.: Virtual Car. In: Giroux J. et al. (Hrsg.): Conference Abstracts and Applications SIGGRAPH 99, New York, 1999, S. 282.
- Stri96 Strietzel, R.: Fuzzy-Regelung. München: Oldenbourg Verlag, 1996.
- SYBG99 Sun, H.; Yuan, X.; Baciú, G.; Gu, Y.: Direct Virtual-hand Interface in Robot Assembly Programming. In: Journal of Visual Languages & Computing, Vo. 10, Nr. 1, 1999, S. 55-68.
- SYST98 o. V.: Die Nutzwertanalyse. Skript zu SE I und BS I. TU-Berlin, www.aedv.cs.tu-berlin.de/edu/se/Nutzwertanalyse7.htm, Stand: 30.04.98.
- Till92 Tilli, T.: Automatisierung mit Fuzzy-Logik. München: Franzis Verlag, 1992.
- Trae94 Traeger, D.: Einführung in die Fuzzy-Logik. 2. Auflage, Stuttgart: Teubner Verlag, 1994.

- TSKi97 Tate, D.; Sibert, L.; King, T.: Virtual Environments for Shipboard Firefighting Training. In: Virtual Reality Annual International Symposium, Albuquerque, 1997, S. 61-68.
- Tura99 Turau, V.: Techniken zur Realisierung Web-basierter Anwendungen. In: Informatik Spektrum, Heidelberg, Band 22, 1999, Heft 1, Februar, S. 3-12.
- UeBo01 Uelpenich, S.; Bodendorf, F.: Wissensorganisation und Wissensmodellierung in Unternehmensberatungen. In: Wirtschaftsinformatik, 43. Jg., 2001, Heft 5, S. 469-476.
- UhGü00 Uhr, W.; Günther, T.: Controlling - Interaktive hypertextbasierte Lernsoftware. Schäffer-Poeschel Verlag, 2000.
- UhKo99 Uhr, W.; Kosilek, E.: Internet-Quellen zur Integration wirtschaftsrelevanter unternehmensexterner Daten in Management Support Systems. In: Wirtschaftsinformatik, 41. Jg., 1999, Heft 5, S. 461-466.
- Urba98 Urban, M.: Fuzzy-Konzepte für Just-in-Time Produktion und -Beschaffung. Frankfurt a. M.: Lang Verlag, 1998.
- Uter96 Utermarck, J.: Anwendung der Nutzwertanalyse im Beschaffungsbereich des Industriebetriebes. Utermarck Verlag, Northeim, 1996.
- Vari89 Varian, H. R.: Grundzüge der Mikroökonomik. München: Oldenbourg Verlag, 1989.
- Verl98 Verlage, M.: Vorgehensmodelle und ihre Formalisierung. In: Kneuper, R. et al. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. Teubner Verlag, Stuttgart, 1998.

- Virt00 o. V.: Virtuelle Realität und Simulation.
http://www.dasa.de/dasa/g/milair/fcs/sim_04.htm, Stand: 24.02.00.
- VoLa97 Vojdani, N.; Lazar, R.: Fuzzy-Klassifikation am Beispiel der Standortplanung von Industrie- und Gewerbebetrieben. In: v. Biethahn, J. et al. (Hrsg.): Fuzzy Set Theorie in betriebswirtschaftlichen Anwendungen, München, 1997, S. 227- 244.
- VRF00 o. V.: Virtuelles Fahrzeug (VRF).
<http://www.artcom.de/projects/vrf/welcome.de.shtml>, Stand: 11.02.00.
- VRT99 o. V.: VRT Preisliste. Virtual Reality Technologies GmbH Deutschland, Dieburg, 1999.
- VRWO96 o. V.: CD-ROM zur Tagung Virtual Reality World 96. Ausstellerverzeichnis zur VRWorld96-Stuttgart. Stuttgart: Computerwoche Verlag, 1996.
- WaOl99 Watson, I.; Oliveira, L.: Virtual Reality as an Environment for CBR. In: Lecture Notes in Computer Science 1488, bezogen über helpdesk@link.springer.de
- WaVH95 Walterscheid, H.; Vetschera, R.; Hoffmann, G.: Die betriebliche Praxis der Entwicklung und Bewertung von managementunterstützenden Informationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik, 37. Jg., 1995, Heft 1, S. 40-49.
- Wefe00 Wefers, M.: Strategische Unternehmensführung mit der IV-gestützten Balanced Scorecard. In: Wirtschaftsinformatik, 42. Jg., 2000, Heft 2, S. 123-130.
- WeSc00a Weber, J.; Schäffer, U.: Balanced Scorecard & Controlling. 2. Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag, 2000.

- WeSc00b Weber, J.; Schäffner, U.: Entwicklung von Kennzahlensystemen. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 52. Jg., 2000, Heft 1, S. 1-15.
- WeSc01 Wehrheim, M.; Schmitz, T.: Wertorientierte Kennzahlen. In: WiSt, 30. Jg., 2001, Heft 9, S. 495-498.
- Wieg96 Wiegand, P.: Softimage Live - Virtuelles Theater spart Zeit und Geld. In: IDG (Hrsg.): Tagungsband zur Virtual Reality World 96, Conference Documentation, Stuttgart, 1996, S. 1-5.
- Will96 Willim B.: Charaktere beleben. in c't, o. Jg., 1996, Heft 11, S. 138-140.
- Wirt00 Wirth, T.: Leserorientierte Gestaltung von Managementberichten – Hinweise aus der angewandten Psychologie. In: krp-Kostenrechnungspraxis. 44. Jg., 2000, Heft 2, S. 79- 85.
- Witt94 Witt, F.-J.: Controllingstandards und Controllingoberflächen. In: HMD, 31. Jg., 1994, Heft 178, S. 8-33.
- Wolf01 Wolf., K.: Das Projektcontrolling als Instrument des Risikomanagement – konzeptionelle Gestaltungshinweise. In: krp, 45 Jg., 2001, Heft 6, S. 341-346.
- Wolf88 Wolf, J.: Lineare Fuzzy-Modelle zur Unterstützung der Investitionsentscheidung. Frankfurt, 1988.
- Wolf91 Wolfram, G.: Wirtschaftlichkeitsverfahren zur Bewertung von integrierten Informationstechnikkonzepten. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Handbuch des Informationsmanagements im Unternehmen. Band II, München, 1991, S. 1063-1095.

- WWGö97 Wesche, G.; Wind, J.; Göbel, M.: Visualization on the Responsive Workbench. In: Rosenblum et al. (Hrsg.): IEEE Computer Graphics and Applications, 1997, S. 10-12.
- ZCSR99 Zimmermann, P.; Cunningham, R.; Stark, T.; Rea, P.: Does VR pay? – The benefit of VR in industry. In: Rosenblum L. et al. (Hrsg.): Proceedings IEEE Virtual Reality, Houston, 1999, S. 296-297.
- Zieg98 Ziegler, R., System zum integrierten Einsatz von haptischen Displays in Virtuellen Umgebungen. Aachen: Shaker Verlag, 1998.
- Ziel95 Zielasek, G.: Projektmanagement. Berlin: Springer Verlag, 1995.
- Zilk96 Zilker, M.: Virtual Reality als Komponente multimedialer Informationssysteme. In: HMD, 33. Jg., 1996, Heft 192, S. 113-123.
- Zilk98 Zilker, M.: Virtual Reality im Internet. In: praxis-perspektiven. Band 3, Würzburg, 1998, S. 25-27.
- Zilk99 Zilker, M.: Einsatz und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Virtual Reality-Projekten in Unternehmen. In: WiSt, 28. Jg., 1999, Heft 4, S. 207-209.
- Zimm91 Zimmermann, H. J.: Fuzzy Set Theory – and its Application. 2. Auflage, Boston: Kluwer Verlag, 1991.
- Zimm95 Zimmermann, H.-J. (Hrsg.): Neuro + Fuzzy: Technologien – Anwendungen. Düsseldorf: VDI Verlag, 1995.
- ZSDi99 Zahn, E.; Schmid, U.; Dillerup, R.: Investitionsentscheidungen in flexible Fertigungssysteme. In: Albach, H. et al. (Hrsg.): ZfB Innovation und Investition, 67. Jg., 1999, Ergänzungsheft 1, S. 43-67.

Ergänzende Quellen

- Ande97 Telefongespräch mit Herrn Anderer, Fa. relax, Mai 97.
- Dene97 Telefongespräch mit Herrn Bickel, Fa. Deneb, Mai 97.
- Maie00 Maier, A.: Die Tecoplan AG schließt einen Zwei-Jahres-Vertrag mit dem
DaimlerChrysler Konzern ab, Tecoplan AG, München, 2000.
- Rein97b Telefongespräch mit Herrn Reindl, BMW München, Mai 97.

Anhang A

Nutzeffekte bei VR-Einsatz

1 Kostensenkung

- 1.1 Personalkostensenkung durch VR-Einsatz.
 - 1.1.1 Kosteneinsparung durch Substitution von Stellen mit VR.
 - 1.1.2 Kostensenkung durch Schulung am VR-Simulator.
 - 1.1.3 Reisekostensenkung durch VR-Einsatz.
- 1.2 Materialkostensenkung durch VR-Einsatz.
- 1.3 Transportkostensenkung durch VR-Einsatz.
- 1.4 Fixkostensenkung durch VR-Einsatz.
- 1.5 Planungskostensenkung durch VR-Einsatz.
 - 1.5.1 Senkung der Modellkosten durch VR-Einsatz.
 - 1.5.2 Senkung der Testkosten durch VR-Einsatz.
- 1.6 Produktionskostensenkung durch VR-Einsatz.
- 1.7 Entsorgungskostensenkung durch VR-Einsatz.
- 1.8 Transaktionskostensenkung durch VR-Einsatz.

2 Geschwindigkeitserhöhung

- 2.1 Beschleunigung der Entwicklung und Planung.
- 2.2 Beschleunigung der Produktpräsentation.
- 2.3 Beschleunigen der Produktion.
- 2.4 Mitarbeiter können durch VR-Konferenz schneller geschult werden.
- 2.5 Kunden können durch VR-Konferenz schneller geschult werden.
- 2.6 Die Wartung kann durch VR-Konferenz schneller erfolgen.

3 Flexibilitätssteigerung

- 3.1 Die Flexibilität zum Kunden bei der Produktpräsentation steigt.
- 3.2 Die Flexibilität in der Entwicklung steigt.
- 3.3 Die Flexibilität in der Fertigung steigt.

4 Qualitätssteigerung

- 4.1 Die Qualität des Produktes wird besser.
 - 4.1.1 Die Qualität des Produktes wird auf Grund vieler möglicher Planungsvarianten besser.
 - 4.1.2 Die Qualität des Produktes wird auf Grund der virtuellen Produktevaluation besser.
- 4.2 Die Qualität des Produktionsablaufes wird auf Grund der virtuellen Montage- und Produktionsevaluation besser.
- 4.3 Die Qualität von manuellen Arbeitsplätzen wird auf Grund der virtuellen Arbeitsplatzoptimierung (Ergonomiestudien) besser.
- 4.4 Die Qualität von getroffenen Entscheidungen wird besser.
- 4.5 Die Qualität der Produktpräsentation steigt.
- 4.6 Die Qualität der Informationspräsentation steigt.

5 Generischer Nutzen

- 5.1 Neue Kommunikationsformen werden im VR-Szenario möglich.
- 5.2 VR ermöglicht Testsituationen, die real unmöglich oder gefährlich wären.
- 5.3 VR-Anwendungen als Produkt.
- 5.4 Neuartige Benutzeroberflächen werden ermöglicht.

6 Effizienzerhöhung

- 6.1 Die innerbetriebliche Kommunikation wird durch VR-Anwendungen effizienter.
- 6.2 Die außerbetriebliche Kommunikation wird durch VR-Anwendungen effizienter.

7 Psychologische Effekte bei VR-Tests

- 7.1 Ein Nutzen auf Grund des hohen Immersionsgefühl entsteht.
- 7.2 Anonymisierung durch Avatare.

8 Wettbewerbsvorteile

- 8.1 Die Marktführerschaft für VR-Produkte wird erreicht.
- 8.2 Das Image wird durch den Einsatz von VR verbessert.
- 8.3 Die Kundenzufriedenheit steigt durch den VR-Einsatz.
- 8.4 Die Werbewirkung steigt durch den VR-Einsatz.

9 Gesamtwirtschaftlicher Nutzen

- 9.1 Ein ökologischer Nutzen entsteht durch den VR-Einsatz.
- 9.2 Die Arbeitswelt wird durch VR humaner.
- 9.3 Schaffung von Arbeitsplätzen durch VR-Einsatz.
- 9.4 Steigerung des Wachstums durch VR-Einsatz.

10 Nutzen durch Synergien

- 10.1 Vorhandene 3D-Daten können genutzt werden.
- 10.2 Nutzung der VR-Objekte in anderen Funktionsbereichen und Prozessen.
- 10.3 Nutzung der VR-Objekte durch nachgelagerte 3D-Systeme.

Anhang B

VR-Technologie und Funktionsbereiche der Unternehmung

VR-Technologie - Unternehmensbereiche

Bewertung:
 Einsatzmöglichkeit der VR-Komponente
 + gut
 o mittel
 Keine Kennzeichnung bei: schlecht

10 Personalsektor

	Interaktivität	Echtzeitfähigkeit	Simulation	3D-Daten	Immersion	Relevanzkernzahl
Personalschulung	100%	100%	100%	80%	20%	78%
Arbeitszeitverwaltung						
Entgeltabrechnung						
Lohnabrechnung						
Gehaltsabrechnung						
Provisionsabrechnung						
Rentenabrechnung						
Veranlassen von Meldungen						
Personalpflege						
Steuerung von Maßnahmen						
Seminarmanagement						
Betriebliches Vorschlagswesen						
Geschäftsreiseverwaltung						
Personalbeschaffung						
Personalentwicklung						
Personalabbau						

11 Gebäudemanagement (Facilities Management)

	Interaktivität	Echtzeitfähigkeit	Simulation	3D-Daten	Immersion	Relevanzkernzahl
Besucherverwaltung						
Gebäudeverwaltung	50%	50%	80%	100%	40%	69%
Kantinenmanagement						

12 Kommunikationsprozesse

	Interaktivität	Echtzeitfähigkeit	Simulation	3D-Daten	Immersion	Relevanzkernzahl
Kundenkommunikation	100%	100%	70%	80%	50%	74%
Lieferantenkommunikation	100%	100%	70%	80%	50%	74%
Innerbetriebliche Kommunikation	100%	100%	70%	80%	50%	74%

1.VR-Peripherie	2.Repräsentation visueller Objekte und Welten	3.VR in verteilten Systemen
1.1 Eingabe- und sensorische Medien	2.1 Komponenten virtueller Welten	3.1 Typisierung der Einsatzvarianten
1.1.1 Datenhandschuh	2.1.1 Geometrische Objekte	3.1.1 Einzeleinstellungen ohne Mensch zu Mensch Dialog
1.1.2 Handgesteuerte mausähnliche Eingabegeräte	2.1.1.1 Darstellung geometrischer Objekte	3.1.2 Integrierende Kleingruppensysteme
1.1.3 Trackingsysteme	2.1.1.3 Objektoberflächen (Oberflächenmodell)	3.1.3 Integrierende verteilte Mehrbenutzer-Systeme
1.1.3.1 Trackingsysteme zur Oberflächenscanning	2.1.1.3.1 Farbe	3.2 Typische Verfahren in verteilten VR-Systemen
1.1.3.2 Trackingsysteme zur Gestikerfassung	2.1.1.3.2 Transparenz	3.2.1 Übertragungskonzepte
1.1.4 3D-Scanner	2.1.1.3.3 Glanz	3.2.2 VRML und SVR als Beschreibungsstandard
1.2 Ausgabe- und Rückmeldemedien	2.1.1.3.4 Reflexion	3.3 Additive Medien
1.2.1 Visuelle Medien	2.1.1.3.5 Refraktion oder Brechung	3.3.1 Audioübertragung
1.2.1.1 Bildschirm und Shutterbrillen	2.1.1.4 Mappingverfahren	3.3.2 Videobearbeitung
1.2.1.2 Head Mounted Display	2.1.1.4.1 Texturmapping	
1.2.1.3 Responsive Workbench	2.1.1.4.2 Bump Mapping	
1.2.1.4 Cave und CyberStage	2.1.1.4.3 Reflection Mapping	
1.2.2 Haptische Medien	2.1.1.4.4 Environment Mapping	
1.2.2.1 Kratrickkopplung (force feedback)	2.1.1.4.5 Transparency Mapping	
1.2.2.1.1 Zweidimensionale Systeme	2.1.1.5 Prozedurales Mapping	
1.2.2.1.2 Dreidimensionale Systeme	2.1.1.6 Mechanische Eigenschaften	
1.2.2.2 Rückkopplung des Taststoffs	2.1.1.6.1 Physikalische Eigenschaften	
1.2.3 Auditives Medium	2.1.1.6.2 Kräftevektoren	
2.Repräsentation visueller Objekte und Welten	2.1.1.6.3 Kollisionsdetektion	
2.1 Komponenten virtueller Welten	2.1.1.6.3 Inverse Kinematik	
2.1.1 Geometrische Objekte	2.1.1.7 Inverse Kinematik	
2.1.1.1 Darstellung geometrischer Objekte	2.1.1.8 Individuelle Eigenschaften	
2.1.1.3 Objektoberflächen (Oberflächenmodell)	2.1.2 Lichter	
2.1.1.3.1 Farbe	2.1.3 Sound Objekte	
2.1.1.3.2 Transparenz	3.VR in verteilten Systemen	
2.1.1.3.3 Glanz	3.1 Typisierung der Einsatzvarianten	
2.1.1.3.4 Reflexion	3.1.1 Einzeleinstellungen ohne Mensch zu Mensch Dialog	
2.1.1.3.5 Refraktion oder Brechung	3.1.2 Integrierende Kleingruppensysteme	
2.1.1.4 Mappingverfahren	3.1.3 Integrierende verteilte Mehrbenutzer-Systeme	
2.1.1.4.1 Texturmapping	3.2 Typische Verfahren in verteilten VR-Systemen	
2.1.1.4.2 Bump Mapping	3.2.1 Übertragungskonzepte	
2.1.1.4.3 Reflection Mapping	3.2.2 VRML und SVR als Beschreibungsstandard	
2.1.1.4.4 Environment Mapping	3.3 Additive Medien	
2.1.1.4.5 Transparency Mapping	3.3.1 Audioübertragung	
2.1.1.5 Prozedurales Mapping	3.3.2 Videobearbeitung	
2.1.1.6 Mechanische Eigenschaften		
2.1.1.6.1 Physikalische Eigenschaften		
2.1.1.6.2 Kräftevektoren		
2.1.1.6.3 Kollisionsdetektion		
2.1.1.6.3 Inverse Kinematik		
2.1.1.7 Inverse Kinematik		
2.1.1.8 Individuelle Eigenschaften		
2.1.2 Lichter		
2.1.3 Sound Objekte		
3.VR in verteilten Systemen		
3.1 Typisierung der Einsatzvarianten		
3.1.1 Einzeleinstellungen ohne Mensch zu Mensch Dialog		
3.1.2 Integrierende Kleingruppensysteme		
3.1.3 Integrierende verteilte Mehrbenutzer-Systeme		
3.2 Typische Verfahren in verteilten VR-Systemen		
3.2.1 Übertragungskonzepte		
3.2.2 VRML und SVR als Beschreibungsstandard		
3.3 Additive Medien		
3.3.1 Audioübertragung		
3.3.2 Videobearbeitung		

Anhang C

Fragebogen Anwender

Postadresse:

Dipl.-Kfm. M. Zilker
Ringstr. 19
97318 Biebelried

Zurück im Fensterkuvert

Sehr geehrte VR-Anwender,

im Rahmen meiner Dissertationsarbeit zum Thema „Ökonomische Bewertungskriterien und Einsatzbereich von virtuellen Realitäten als multimediale Bausteine in verteilten Anwendungssystemen“ führe ich eine Befragung von ausgewählten VR-Anwendern durch.

Ziel meiner Arbeit wird es sein, aus betriebswirtschaftlicher Sicht, eine Nutzenbewertungsmethode zu entwickeln, die insbesondere für VR-Anwendungen zum Einsatz kommen soll. Um der Arbeit eine vernünftige Basis zu geben, benötige ich dringend einige Daten aus der Praxis. Ich darf Sie daher höflichst bitten sich etwas Zeit zum Beantworten der Fragen zu nehmen und den ausgefüllten Fragebogen an mich zurück zu senden. Sie geben mir damit für meine Arbeit sehr wertvolle Informationen. Für Ihre Bemühungen darf ich mich im Voraus sehr herzlich bedanken und verbleibe

mit freundlichem Gruß

Fragebogen zur Nutzung von Virtual Reality im Unternehmen (Anwender)

Allgemeines

1) Welcher Branche gehört Ihr Unternehmen an ?

- Architektur / Bau
- Maschinenbau
- Anlagenbau
- Fahrzeugbau
- Handel
- Textilindustrie
- Medien und Information
- Datenverarbeitung - Informatik
- andere,
und zwar.....

- 2) Welche Größe hat Ihr Unternehmen ?
- weniger als 50 Mitarbeiter
 - 50 bis 200 Mitarbeiter
 - mehr als 200 Mitarbeiter
- 3) Wie sehen Sie Ihr Unternehmen in Bezug auf neue Techniken ?
- innovativ
 - abwartend
 - konservativ
- 4) Welcher Abteilung gehören Sie an ?
- Einkauf
 - Rechnungswesen
 - Forschung & Entwicklung (Konstruktion)
 - Vertrieb
 - DV
 - Personal
 - Produktion
 - Unternehmenslogistik
 - Management
 - andere, und zwar.....

VR - Anwendungen und Projekte

- 5) Wurden in Ihrem Unternehmen bereits VR Projekte (Anwendungen) durchgeführt ?
- nein
 - ja, und zwar

Bitte geben Sie Stichpunkte zu den Projekten!

Projekt 1:.....
 Projekt 2:
 Projekt 3:
 Projekt 4:
 Projekt 5:

- 6) Wie hoch waren die Kosten der VR-Projekte (max. 5 Projekte) ?

Projekt	kleiner 50 TDM	50 TDM bis 200 TDM	größer 200 TDM
1			
2			
3			
4			
5			

7) Wie hoch war der **erwartete** Nutzen der VR-Projekte (max. 5 Projekte) ?

Projekt	kleiner 50 TDM	50 TDM bis 200 TDM	größer 200 TDM
1			
2			
3			
4			
5			

8) Wie hoch würden Sie den **tatsächlichen** Nutzen der Projekte bewerten (max. 5 Projekte) ?

Projekt	kleiner 50 TDM	50 TDM bis 200 TDM	größer 200 TDM
1			
2			
3			
4			
5			

9) Welche Abteilungen sind an den VR-Projekten beteiligt ?

(Mehrfachnennung möglich)

- Einkauf
- Rechnungswesen
- Forschung & Entwicklung (Konstruktion)
- Vertrieb
- DV
- Personal
- Produktion
- Unternehmenslogistik
- Management
- andere, und zwar.....

10) Waren bei der Einführung eines VR-Projektes eine Änderung der Unternehmensdatenstruktur bzw. der Unternehmens-DV nötig. ?

- nein
- etwas
- mittel
- stark

11) Existiert in Ihrem Unternehmen eine CIM Struktur und ist die VR-Anwendung hier eingebunden ?

- ja
- nein

- 12) Wurden durch ein VR-Projekt in Ihrem Unternehmen andere Techniken substituiert ?
- ja, und zwar
 - nein

Entscheidungsprozess

- 13) Welche Gründe führten zum Einsatz von VR ?
(Mehrfachnennung möglich)

Senkung von

- Personalkosten
- Materialkosten
- Fixkosten

Erhöhung der Geschwindigkeit bei

- Entwicklung
- Produktion
- Administration und Verwaltung

Erhöhung der Flexibilität bei

- Entwicklung
- Produktion
- Administration und Verwaltung

Einsatz zur Kommunikation

- Event-Marketing
- Messestand
- Interne Kommunikation (z. B. Entscheidungsträger-Konstrukteur)

- 14) Welche weiteren Gründe führten zum Einsatz von VR in Ihrem Unternehmen ?
(Mehrfachnennung möglich)

- Ermöglichung einer neuen Kommunikation (virtuelle Gemeinschaften)
- Steigerung der Produktqualität
- Erschließung neuer Märkte
- Flexiblere Produkte und damit Erhöhung der Kundenorientierung
- Erlangen eines Wettbewerbsvorteils
- Imageverbesserung
- Anbieten neuer Produkte (VR als Produkt - Virtuelle Produkte)
- andere, und zwar

15) Werden im Unternehmen **generell** zur Entscheidungsunterstützung Nutzenbewertungsmethoden eingesetzt. Wenn ja, welche ?

- Kostenvergleich
- Amortisationsrechnung
- Kapitalwertmethode
- Annuitätenmethode
- Interner Zinsfuß
- Nutzenanalyse
- Nutzwertanalyse
- Erfolgsfaktorenanalyse
- Portfolioanalyse
- Kennzahlenanalyse
-

16) Wurde zur Entscheidung eines oder mehrerer VR-Projekte eine der Methoden eingesetzt ?

- ja, und zwar
- nein

17) Falls ja, zu wieviel Prozent deckte sich das Projektergebnis mit der Prognose der Nutzenbewertungsmethode ?

- 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

18) Ich kenne im Prinzip die oben genannten Nutzenbewertungsmethoden und bin der Ansicht, daß diese zur Beurteilung eines VR-Einsatzes **geeignet** b.z.w. **nicht geeignet** sind.

- nicht geeignet
- geeignet
- ich kenne die Methoden nicht und kann somit die Frage nicht beantworten

19) Um den Nutzen eines VR Projektes zu beurteilen könnte ich mir vorstellen, daß es sinnvoll ist in vier Stufen vorzugehen.

1. Stufe: Durchführen einer für den Fall geeigneten Nutzenbewertungsmethode

2. Stufe: In jedem Fall: Erstellung der VR-Anwendung mit einfacher Software und u. U. eingeschränkter Funktion (Prototyp)

3. Stufe: Präsentation des Prototyps und erneute Durchführung der Methode

4. Stufe: Abgleich der Ergebnisse und Entscheidung

- sinnvoll
- nicht sinnvoll

20) Wie beurteilen Sie die **Nutzenverteilung**, die sich aus dem VR-Einsatz ergab ? Bitte vergeben Sie Prozentangaben.

..... % Strategische Wettbewerbsvorteile (z. B. Erster im Markt)
..... % Steigerung der Produktivität
..... % Kostenersparnis
100 %

Technik

21) Wie würden Sie ein VR-System definieren ?

- Basiert auf 2D-Bildern, die aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden können (z. B. QuickTime VR)
- Basiert auf 3D-Körperdaten, die möglichst realistisch angezeigt werden und durch eine einfache Computerschnittstelle „**begangen**“ werden können.
- 3D Körperdaten, die fotorealistisch angezeigt und durch aufwendigere Schnittstellen (HMD, Tracker, Data Glove, Datenanzug) „**began-gen**“ werden können.

22) Welche Entwicklungssysteme wurden in Ihren Projekten eingesetzt ?

.....

23) Welche Hardware benutzen Sie ?

- PC, mit dem Prozessor.....
- SGI-Workstation, und zwar
- andere, und zwar.....

24) Welche VR-Komponente ist für Ihre Anwendung am wichtigsten, am zweitwichtigsten usw. (wichtigste =1, zweitwichtigste =2, ...) ?

- Visueller Eindruck (fotorealistische Darstellung)
- Exakte Simulation von Vorgängen und Objekteigenschaften
- Immersion (Eintauchen in das System z.B. mit HMD, Datenhandschuh)
- Komplexe Welten (Hohe Anzahl von Objektpolygonen)
- Haptische Rückmeldung (Simulation des Tastsinns)
- andere, und zwar.....

25) Spielt die Komponente Sound eine wichtige Rolle in Ihren VR-Anwendungen ?

- ja
- nein

26) Wurden in Ihren VR-Anwendungen Simulationsmethoden eingesetzt ?

- nein
- ja, und zwar
 - Petri-Netze
 - System dynamics
 - andere, und zwar.....

Herzlichen Dank für Ihre Bemühung!

Bitte für Rückfragen Ihre Adresse:

Fa.:
Name:
Anschrift
Ort:
Tel:
E-Mail

Anhang D

Fragebogen Anbieter / Entwickler

TU Dresden

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbes. Informationsmanagement Prof. Dr. Schoop
Dipl.-Kfm. M. Zilker (Email: zilker@mail.fh-wuerzburg.de)

Postadresse:

Dipl.-Kfm. M. Zilker
Ringstr. 19
97318 Biebelried

Zurück im Fensterkuvert

Die Erstellung des Fragebogens und seine Auswertung erfolgen ausschließlich im Rahmen eines wissenschaftlichen Forschungsvorhabens, welches der Absender am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbes. Informationsmanagement, von Prof. Dr. E. Schoop an der Fakultät Wirtschaftswissenschaften an der Technischen Universität Dresden durchführt. Diesbezüglich können Rückfragen vorgenommen werden (Telefon 0351/463-2845, E-Mail: schoop@rmhs1.urz.tu-dresden.de)

Fragebogen zur Nutzung von Virtual Reality im Unternehmen (Anbieter/Entwickler)

Allgemeines

1) Welche Größe hat Ihr Unternehmen ?

- weniger als 50 Mitarbeiter
- 50 bis 200 Mitarbeiter
- mehr als 200 Mitarbeiter

2) In welchen Ländern arbeiten Sie ?

- Deutschland
- Europa
- weltweit

3) Wieviele Kunden haben Sie, die VR Komponenten einsetzen ?

ca. Kunden

4) Wie ist die Verteilung des VR-Einsatzes bei Ihren Kunden

- % Einsatz direkt im Unternehmensprozess (z.B. Prototyping)
- % Als reine Forschungs- und Konzeptstudie(z.B. Event Marketing)
- % Als Kommunikationsmedium (z. B. Interne Kommunikation)

100 %

5) Wie hoch schätzen Sie das gesamte VR-Anwenderpotential in Deutschland ?
Geben Sie bitte jeweils die geschätzte Anwenderanzahl an:

- Einsatz direkt im Unternehmensprozess (z.B. Prototyping)
- Als reine Forschungs- und Konzeptstudie(z.B. Event Marketing)
- Als Kommunikationsmedium (z. B. Interne Kommunikation)
- andere, und zwar

6) Wieviel Anbieter von VR-Systemen gibt es Ihrer Meinung nach in Deutschland:

..... Stück

Entscheidungsprozess

7) Welche Gründe führen Ihrer Ansicht nach bei Ihren Kunden zum Einsatz von VR ? (Mehrfachnennung möglich)

Senkung von

- Personalkosten
- Materialkosten
- Fixkosten

Erhöhung der Geschwindigkeit bei

- Entwicklung
- Produktion
- Administration und Verwaltung

Erhöhung der Flexibilität bei

- Entwicklung
- Produktion
- Administration und Verwaltung

8) Welche weiteren Gründe haben Ihre Kunden zum Einsatz von VR im Unternehmen? (Mehrfachnennung möglich)

- Ermöglichung einer neuen Kommunikation (virtuelle Gemeinschaften)
- Steigerung der Produktqualität
- Erschließung neuer Märkte
- Flexiblere Produkte und damit Erhöhung der Kundenorientierung
- Erlangen eines Wettbewerbsvorteils
- Imageverbesserung
- Anbieten neuer Produkte (VR als Produkt - Virtuelle Produkte)
- andere, und zwar

9) Setzen Ihre Kunden **generell** zur Entscheidungsunterstützung Nutzenbewertungsmethoden ein?

nicht bekannt

Wenn ja, welche ?

Kostenvergleich

Amortisationsrechnung

Kapitalwertmethode

Annuitätenmethode

Interner Zinsfuß

Nutzenanalyse

Nutzwertanalyse

Erfolgsfaktorenanalyse

Portfolioanalyse

Kennzahlenanalyse

.....

10) Wurde zur Entscheidung eines oder mehrerer VR-Projekte eine der Methoden eingesetzt ?

ja, und zwar

nein

11) Falls ja, zu wieviel Prozent deckte sich das Projektergebnis mit der Prognose der Nutzenbewertungsmethode ?

nicht bekannt

10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

12) Ich kenne im Prinzip die oben genannten Nutzenbewertungsmethoden und bin der Ansicht, daß diese zur Beurteilung eines VR-Einsatzes **nicht geeignet** oder **geeignet** sind.

nicht geeignet

geeignet

ich kenne die Methoden nicht und kann somit die Frage nicht beantworten

13) Um den Nutzen eines VR Projektes beurteilen zu können, könnte man sinnvoller Weise in vier Stufen vorgehen:

1. Stufe: Durchführen einer für den Fall geeigneten Nutzenbewertungsmethode .

2. Stufe: In jedem Fall: Erstellung der VR-Anwendung mit einfacher Software und u. U. eingeschränkter Funktion (Prototyp).

3. Stufe: Präsentation des Prototyps und erneute Durchführung der Methode.

4. Stufe: Abgleich der Ergebnisse und Entscheidung.

sinnvoll

nicht sinnvoll

14) Wie beurteilen Sie die **Nutzenverteilung**, die sich aus einem VR-Einsatz ergibt ? Bitte vergeben Sie Prozentangaben.

..... % Strategische Wettbewerbsvorteile (z. B. Erster im Markt)
..... % Steigerung der Produktivität
..... % Kostenersparnis
100 %

Technik

15) Wie würden Sie ein VR-System definieren ?

- Basiert auf 2D-Bildern, die aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden können (z. B. QuickTime VR)
- Basiert auf 3D-Körperdaten, die möglichst realistisch angezeigt werden und durch eine einfache Computerschnittstelle „**begangen**“ werden können.
- 3D Körperdaten, die fotorealistisch angezeigt und durch aufwendigere Schnittstellen (HMD, Tracker, Data Glove, Datenanzug) „**begangen**“ werden können.

16) Welche Hardware benutzen Sie ?

- PC, mit dem Prozessor.....
- SGI-Workstation, und zwar
- andere, und zwar.....

17) Welche VR-Komponente ist für Ihre Kunden am wichtigsten, am zweitwichtigsten usw. (wichtigste =1, zweitwichtigste =2, ...) ?

- Visueller Eindruck (fotorealistische Darstellung)
- Exakte Simulation von Vorgängen und Objekteigenschaften
- Immersion (Eintauchen in das System z.B. mit HMD, Datenhandschuh)
- Komplexe Welten (Hohe Anzahl von Objektpolygonen)
- Haptische Rückmeldung (Simulation des Tastsinns)
- andere, und zwar.....

18) Spielt die Komponente Sound eine wichtige Rolle in Ihren VR-Anwendungen ?

- ja
- nein

19) Werden in Ihren VR-Anwendungen Simulationsmethoden eingesetzt ?

- nein
- ja, und zwar
 - Petri-Netze
 - System dynamics
 - andere, und zwar.....

Herzlichen Dank für Ihre Bemühung!

Bitte für Rückfragen Ihre Adresse:

Fa.:
Name:
Anschrift
Ort:
Tel:
E-Mail

Anhang E

Nutzenanalyse Projekt Düker

Nutzenanalyse nach Nagel

Die Nutzenanalyse basiert auf einer monetären Bewertung von Nutzenkriterien. Die Kriterien werden eingeteilt in direkte, indirekte und schwer fassbare Nutzenkategorien. Innerhalb dieser Kategorien wird eine Aufteilung in geringe, mittlere und hohe Realisierungschance durchgeführt.

Nutzenkategorie 1

Prozess:	Nutzen:	Betrag hoch:	Betrag mittel:	Betrag gering:
Innovationsprozess	Modellkosteneinsparung	0,00 DM	22.500,00 DM	22.500,00 DM
Vermarktungsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	22.500,00 DM	22.500,00 DM	0,00 DM
Innovationsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	30.000,00 DM	0,00 DM	0,00 DM
Innovationsprozess	Lohn- Gehaltskostensenkung	0,00 DM	0,00 DM	97.500,00 DM
Auftragsabwicklungsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	22.500,00 DM	22.500,00 DM	0,00 DM
		75.000,00 DM	67.500,00 DM	120.000,00 DM

Nutzenkategorie 2

Prozess:	Nutzen:	Betrag hoch:	Betrag mittel:	Betrag gering:
Vermarktungsprozess	Geschwindigkeitserhöhung	0,00 DM	0,00 DM	15.000,00 DM
Innovationsprozess	Flexibilität	0,00 DM	0,00 DM	15.000,00 DM
Innovationsprozess	Geschwindigkeitserhöhung	0,00 DM	0,00 DM	45.000,00 DM
Auftragsabwicklungsprozess	Flexibilität	0,00 DM	0,00 DM	15.000,00 DM
Auftragsabwicklungsprozess	Geschwindigkeitserhöhung	0,00 DM	0,00 DM	45.000,00 DM
		0,00 DM	0,00 DM	135.000,00 DM

Nutzenkategorie 3

Prozess:	Nutzen:	Betrag hoch:	Betrag mittel:	Betrag gering:
Vermarktungsprozess	Bessere Kundenintegration	0,00 DM	75.000,00 DM	0,00 DM
Vermarktungsprozess	Bessere Marktmacht	0,00 DM	0,00 DM	75.000,00 DM
Vermarktungsprozess	Besseres Image	30.000,00 DM	0,00 DM	0,00 DM
Innovationsprozess	Bessere Ökologie	0,00 DM	2.250,00 DM	3.750,00 DM
Auftragsabwicklungsprozess	Qualität	22.500,00 DM	0,00 DM	0,00 DM
		52.500,00 DM	77.250,00 DM	78.750,00 DM

Zusammenfassung

Nutzenübersicht nach Kategorie / Realisierungschance
(I - direkter, II - indirekter, III - schwer fassbarer Nutzen)

	hoch	mittel	gering
I	75.000,00 DM	67.500,00 DM	120.000,00 DM
II	0,00 DM	0,00 DM	135.000,00 DM
III	52.500,00 DM	77.250,00 DM	78.750,00 DM

Nutzenübersicht kumuliert nach Standardreihenfolge

	hoch	mittel	gering
I	1. Wert	3. Wert	6. Wert
II	2. Wert	5. Wert	8. Wert
III	4. Wert	7. Wert	9. Wert

Nutzenwerte nach Standardreihenfolge	Nutzenwerte kumuliert
75.000,00 DM	75.000,00 DM
0,00 DM	75.000,00 DM
67.500,00 DM	142.500,00 DM
52.500,00 DM	195.000,00 DM
0,00 DM	315.000,00 DM
120.000,00 DM	315.000,00 DM
77.250,00 DM	392.250,00 DM
135.000,00 DM	527.250,00 DM
78.750,00 DM	606.000,00 DM

Anhang F

Fuzzybasierte Nutzenanalyse Projekt Düker

Nutzenbewertung mit Fuzzy-Logik

<i>Kat</i>	<i>PNr</i>	<i>Prozess</i>	<i>Nutzenkriterium</i>	<i>Bewertung</i>
<i>hoch</i>				
	1	Auftragsabwicklungsprozess	Qualität	22.500,00 DM
	1	Auftragsabwicklungsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	22.500,00 DM
	2	Innovationsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	30.000,00 DM
	3	Vermarktungsprozess	Besseres Image	30.000,00 DM
	3	Vermarktungsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	22.500,00 DM
<i>Summe der Kategorie</i>				<i>hoch</i> 127.500,00 DM

<i>Kat</i>	<i>PNr</i>	<i>Prozess</i>	<i>Nutzenkriterium</i>	<i>Bewertung</i>
<i>mittel</i>				
	1	Auftragsabwicklungsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	22.500,00 DM
	2	Innovationsprozess	Modellkosteneinsparung	22.500,00 DM
	2	Innovationsprozess	Bessere Ökologie	2.250,00 DM
	3	Vermarktungsprozess	Bessere Kundenintegration	75.000,00 DM
	3	Vermarktungsprozess	Kommunikationskosteneinsparung	22.500,00 DM
<i>Summe der Kategorie</i>				<i>mittel</i> 144.750,00 DM

<i>Kat</i>	<i>PNr</i>	<i>Prozess</i>	<i>Nutzenkriterium</i>	<i>Bewertung</i>
<i>niedrig</i>				
	1	Auftragsabwicklungsprozess	Flexibilität	15.000,00 DM
	1	Auftragsabwicklungsprozess	Geschwindigkeitserhöhung	45.000,00 DM
	2	Innovationsprozess	Flexibilität	15.000,00 DM
	2	Innovationsprozess	Geschwindigkeitserhöhung	45.000,00 DM
	2	Innovationsprozess	Modellkosteneinsparung	25.000,00 DM
	2	Innovationsprozess	Lohn- Gehaltskostensenkung	97.500,00 DM
	2	Innovationsprozess	Bessere Ökologie	3.750,00 DM
	3	Vermarktungsprozess	Geschwindigkeitserhöhung	15.000,00 DM
	3	Vermarktungsprozess	Bessere Marktmacht	75.000,00 DM
<i>Summe der Kategorie</i>				<i>niedrig</i> 336.250,00 DM

Auswertung der Ergebnisse mit Fuzzy Logik

In der Analyse wurde ein Aufwand von 161.000,00 DM ermittelt.

Dem gegenüber wurden Nutzenkriterien aufgestellt und bewertet. Durch die Einteilung in drei Kategorien mit hoher, mittlerer und geringer Aussicht auf Realisierung ergeben sich folgende Summen.

<i>Summen aus Kat.</i>	<i>absolut in DM</i>	<i>relativ als DB</i>	<i>relativ kumuliert</i>
<i>hoch</i>	127.500,00 DM	79,19%	79,19%
<i>mittel</i>	144.750,00 DM	89,91%	169,10%
<i>niedrig</i>	336.250,00 DM	208,85%	377,95%

Erfüllungsgrade der Deckungsbeiträge in der linguistischen Variable "Gesamtnutzen" mit der Einteilung in schlechte, mittlere und gute Nutzensausprägung.

	<i>G1'</i> <i>hohe Aussicht auf Realisierung</i>	<i>G2'</i> <i>mittlere Aussicht auf Realisierung</i>	<i>G3'</i> <i>niedrige Aussicht auf Realisierung</i>
<i>schlecht</i>	1,0000	0,0000	0,0000
<i>mittel</i>	0,0000	0,0000	0,0000
<i>gut</i>	0,0000	1,0000	1,0000

Nach Anwendung der Regelbasis ergeben sich für das Endergebnis folgende Zugehörigkeitsgrade

<i>schlecht</i>	0,0000
<i>mittel</i>	1,0000
<i>gut</i>	0,0000

Nach Normierung

<i>schlecht</i>	0,0000
<i>mittel</i>	1,0000
<i>gut</i>	0,0000

Ergebnis:

Die durchgeführte Analyse zeigt, dass sich der Nutzen mit einer Zugehörigkeit von 0,0000 als schlecht, mit einer Zugehörigkeit von 1,0000 als mittel und mit einer Zugehörigkeit von 0,0000 als gut einschätzen läßt.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und dabei keine anderen Hilfsmittel als die im Literaturverzeichnis genannten Quellen benutzt und alle aus Quellen und Literatur wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Biebelried, 30.03.2002

