



Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: J. Biethahn · M. Schumann

Jörn Propach

**Methoden zur Spielplangestaltung öffentlicher
Theater**

**Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems
auf der Basis Evolutionärer Algorithmen**

Band 38



Cuvillier Verlag Göttingen

Göttinger Wirtschaftsinformatik
Herausgeber: J. Biethahn · M. Schumann

Band 38

Jörn Propach

Methoden zur Spielplangestaltung öffentlicher Theater

Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems auf
der Basis Evolutionärer Algorithmen

CUVILLIER VERLAG

Herausgeber

Prof. Dr. J. Biethahn
Abt. Wirtschaftsinformatik I

Prof. Dr. M. Schumann
Abt. Wirtschaftsinformatik II

Georg-August-Universität
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Propach, Jörn:

Methoden zur Spielplangestaltung öffentlicher Theater : Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems auf der Basis Evolutionärer Algorithmen / vorgelegt von Jörn Propach. -

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2002

(Göttinger Wirtschaftsinformatik ; Bd. 38)

Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2002

ISBN 3-89873-496-X

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2002

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2002

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-89873-496-X

Methoden zur Spielplangestaltung öffentlicher Theater

Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems auf der Basis Evolutionärer Algorithmen

Dissertation

zur Erlangung des wirtschaftswissenschaftlichen Doktorgrades der wirtschafts-
wissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen

vorgelegt von

Jörn Propach
aus Marburg

Göttingen 2002

Erstgutachter:

Prof. Dr. Jörg Biethahn

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Jürgen Bloech

Tag der mündlichen Prüfung: 1. 7. 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung in die Thematik	1
1.2	Ziel und Aufbau der Arbeit	9
2	Gestaltung des Spielplanes für ein öffentliches Theater	11
2.1	Begriffsklärung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes	11
2.2	Zielsystem	17
2.2.1	Zielidentifikation	17
2.2.2	Zielklassifikation	35
2.2.3	Zieloperationalisierung	40
2.2.3.1	Aufgaben und Formen	40
2.2.3.2	Kunst	44
2.2.3.3	Öffentlicher Auftrag	48
2.2.3.4	Publikumsbedürfnisse	49
2.2.3.5	Wirtschaftlichkeit	54
2.2.4	Zielbewertung und Revision des Zielsystems	57
2.3	Planungssystem	58
2.3.1	Ebenen der Planung	58
2.3.2	Strategische Planung	60
2.3.3	Taktische Planung	66
2.3.3.1	Darstellung der Spielplangestaltung	66
2.3.3.2	Formalisierung der Spielplangestaltung	71
2.3.4	Operative Planung	77
2.4	Planungs- und Steuerungsprozess	81
2.4.1	Prozessphasen	81
2.4.2	Phasenorientierte Entscheidungsunterstützung	84
2.4.3	Zielbildung	84
2.4.4	Problemfeststellung, Alternativensuche und Prognose	85
2.4.5	Alternativenbewertung und Entscheidung	88
2.4.6	Steuerung	92

3	Evolutionäre Algorithmen zur Lösung des Spielplangestaltungsproblems ..	95
3.1	Grundlagen	95
3.1.1	Einordnung in die Methoden des Operations Research	95
3.1.2	Allgemeine Vorgehensweise	100
3.1.3	Hauptformen	102
3.1.3.1	Genetische Algorithmen	102
3.1.3.2	Evolutionstrategien	111
3.1.3.3	Genetic Programming	114
3.1.3.4	Classifier Systems	117
3.1.3.5	Kombination mit lokalen Suchverfahren	117
3.1.4	Optimierung unter Nebenbedingungen	119
3.1.5	Kombinatorische Optimierung	122
3.1.6	Methoden zur Erhaltung der genetischen Vielfalt	127
3.1.7	Bewertung Evolutionärer Algorithmen als Optimierungsverfahren	131
3.2	Algorithmen für den Umgang mit Mehrzielproblemen	133
3.2.1	Allgemeine Problemstellung	133
3.2.2	Aggregation der Zielfunktionen	138
3.2.2.1	Gewichtete Summe	138
3.2.2.2	Goal Programming	140
3.2.2.3	Goal Attainment	141
3.2.2.4	ϵ -Constraint Methode	142
3.2.3	Ausnutzung der Paretomenge	143
3.2.3.1	Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)	144
3.2.3.2	Multiple Objective Genetic Algorithm (MOGA)	145
3.2.3.3	Niched Pareto Genetic Alogrithm (NPGA)	146
3.2.3.4	Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA)	147
3.2.4	Weitere Lösungskonzepte	149
3.2.4.1	Vektor Evaluated Genetic Algorithm (VEGA)	149
3.2.4.2	Lexikografische Ordnung	150
3.2.4.3	Spieltheoretischer Ansatz	151
3.2.4.4	Geschlechter zur Zielunterscheidung	152
3.2.4.5	Minimax	153
3.2.4.6	Multi Objective Messy Genetic Algorithm (MOMGA)	154
3.2.4.7	Variationen	155
3.2.5	Mehrzieloptimierung mit Evolutionstrategien	156
3.3	Anwendung von Evolutionären Algorithmen auf das Spielplan	157
	gestaltungsproblem	157
3.3.1	Darstellung der untersuchten Probleme	157
3.3.2	Auswahl der Algorithmen	158
3.3.3	Ergebnisse und Bewertung der Testläufe	159

4	Ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Spielplangestaltung.....	165
4.1	Grundlagen	165
4.1.1	Grundbegriffe und Klassifikation.....	165
4.1.2	Aufbau und Teilsysteme.....	168
4.2	Erfordernisse für den erfolgreichen Einsatz.....	172
4.2.1	Übergreifende Anforderungen	172
4.2.2	Anforderungen an die Datenkomponente	174
4.2.3	Anforderungen an die Modell- und Methodenkomponente	176
4.2.4	Anforderungen an die Dialogkomponente	178
4.3	Konzeption	180
4.3.1	Unified Modeling Language und objektorientierte Vorgehensweise	180
4.3.2	Anwendungsfallmodellierung	181
4.3.3	Strukturmodellierung	185
4.3.4	Verhaltensmodellierung	191
4.4	Kritische Würdigung des Konzeptes.....	195
4.4.1	Bewertung der Qualität	195
4.4.2	Bewertung der Auswirkungen auf die Zielerreichung	198
4.4.3	Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung	200
5	Zusammenfassung und Ausblick	202
5.1	Zusammenfassung.....	202
5.2	Ausblick	202
	Literaturverzeichnis.....	206

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Die zehn meistgespielten Opern der Spielzeiten 1994/ 1995 und 1998/ 1999	2
Abbildung 2:	Die zehn meistgespielten Schauspiele der Spielzeit 1998/ 1999	3
Abbildung 3:	Die zehn meistgespielten Opern der Saison 1909/ 1910.....	4
Abbildung 4:	Entwicklung der Publikumszahlen öffentlicher Theater.....	5
Abbildung 5:	Anteile der Kostenbestandteile an den Gesamtkosten	8
Abbildung 6:	Träger öffentlicher Theater	11
Abbildung 7:	Rechtsformen öffentlicher Theater.....	12
Abbildung 8:	Häufigkeiten ausgewählter Rechtsformen öffentlicher Theater	12
Abbildung 9:	Fünf idealtypische Führungsmodelle im Überblick	16
Abbildung 10:	Relevanz ausgewählter Funktionen des Theaters.....	28
Abbildung 11:	Eignung verschiedener Bereiche zur Kooperation.....	34
Abbildung 12:	Eignung verschiedener Teilleistungen zum Outsourcing.....	35
Abbildung 13:	Ansatzpunkte für eine Strukturreform in Theatern	35
Abbildung 14:	Zielkriterien für öffentliche Theater.....	37
Abbildung 15:	Zusammenhang unterschiedlicher Zielgliederungen	38
Abbildung 16:	Die Balanced Scorecard für Non-profit-Unternehmen	39
Abbildung 17:	Klassifikation von Zielen	43
Abbildung 18:	Operationalisierung des Zieles Kunst	46
Abbildung 19:	Operationalisierung des öffentlichen Auftrags nach Almstedt .	49
Abbildung 20:	Typologisierung des Theaterpublikums nach	
	Eckhardt und Horn	50
Abbildung 21:	Theaterleistungen	51
Abbildung 22:	Vorschläge für eine zielgruppenorientierte Gestaltung der	
	Theaterleistung	53
Abbildung 23:	Stufenweise Deckungsbeitragsrechnung	56
Abbildung 24:	Merkmale strategischer, taktischer und operativer Planung	59
Abbildung 25:	Beziehungen zwischen strategischer, taktischer und operativer .. Planung.....	60
Abbildung 26:	Wettbewerbskräfte innerhalb einer Branche	64
Abbildung 27:	Dualität des Produktionsprozesses	69
Abbildung 28:	Vorgehensweise der Planung mit mathematischen Modellen...	72
Abbildung 29:	Inszenierungsfestlegungen während der Modellierung.....	75
Abbildung 30:	Formalmodell zur Inszenierungsauswahl.....	75
Abbildung 31:	Kombiniertes Formalmodell aus Inszenierungs- und	
	Aufführungsplanung.....	77
Abbildung 32:	Überblick über das Planungssystem öffentlicher Theater.....	80
Abbildung 33:	Der kombinierte Planungs- und Steuerungsprozess.....	83

Abbildung 34:	Zuordnung von Planungstechniken zu Planungsphasen	90
Abbildung 35:	Ausgewählte Steuerungsinstrumente	94
Abbildung 36:	Wichtige Fachbegriffe bei Evolutionären Algorithmen.....	96
Abbildung 37:	Einordnung Evolutionärer Algorithmen in die Methoden des	
	Operations Research	100
Abbildung 38:	Allgemeine Vorgehensweise der Evolutionären Algorithmen	101
Abbildung 39:	Zusammenhang zwischen Individuenraum, Lösungsraum und ..	
	Werteraum.....	103
Abbildung 40:	Stochastic Universal Sampling bei einer Populationsgröße	
	von vier.....	105
Abbildung 41:	Crossovervarianten für Genetische Algorithmen.....	107
Abbildung 42:	Shuffle-Crossover für Genetische Algorithmen.....	108
Abbildung 43:	Multirekombination bei genetischen Algorithmen	109
Abbildung 44:	Ein Individuum bei genetischer Programmierung	115
Abbildung 45:	Crossover bei genetischer Programmierung	116
Abbildung 46:	Zulässige Lösungen und die Lage von Optima.....	119
Abbildung 47:	Uniform Order Based Crossover bei Sequenzdarstellung.....	124
Abbildung 48:	Edge Rekombination bei Sequenzdarstellung.....	125
Abbildung 49:	Mutationsoperatoren bei Sequenzdarstellung	126
Abbildung 50:	Sharing zwischen ähnlichen Individuen.....	130
Abbildung 51:	Starke und Schwache Algorithmen	132
Abbildung 52:	Paretooptimale Individuen	135
Abbildung 53:	Dominanz der individuellen Optima	136
Abbildung 54:	Interaktives Vorgehen	137
Abbildung 55:	Konkave Bereiche der Paretomenge	139
Abbildung 56:	Zusammenhang der Paretomengen	144
Abbildung 57:	Abweichungen, Lücken und Klumpungen in der Paretomenge	144
Abbildung 58:	Rangzuweisung beim Nondominated Sorting	
	Genetic Algorithm.....	145
Abbildung 59:	Rangzuweisung beim Multiple Objective GA	146
Abbildung 60:	Bestimmung der Strength beim SPEA	148
Abbildung 61:	Vektor Evaluated Genetic Algorithm.....	149
Abbildung 62:	Spieltheoretische Lösung des Mehrzielproblems.....	152
Abbildung 63:	Formale Darstellung des Inszenierungsauswahl- und des	
	Inszenierungs- und Aufführungsplanungsproblems	157
Abbildung 64:	Strategieparameter der Evolutionären Algorithmen	159
Abbildung 65:	Abstandsergebnisse der Testläufe für das Rucksackproblem .	160
Abbildung 66:	Ergebnisse über die Kardinalität der Paretomenge für das	
	Rucksackproblem	161

Abbildung 67:	Grafische Veranschaulichung der Ergebnisse für das Rucksackproblem	162
Abbildung 68:	Ergebnisausschnitt für ausgewählte Algorithmen.....	163
Abbildung 69:	Grafische Veranschaulichung der Ergebnisse für das LP-Problem	164
Abbildung 70:	Merkmale von OIS, MIS und EUS	165
Abbildung 71:	Ebenen von EUS	168
Abbildung 72:	Aufbau von Entscheidungsunterstützungssystemen nach dem Daten-Dialog-Modell Paradigma.....	169
Abbildung 73:	Prinzipieller Aufbau der Datenkomponente.....	170
Abbildung 74:	Prinzipieller Aufbau der Modell- und Methodenkomponente	171
Abbildung 75:	Prinzipieller Aufbau der Dialogkomponente	172
Abbildung 76:	Ansatzpunkte für die Computerunterstützung bei methodengestützter Planung	173
Abbildung 77:	Zuordnung von Phasen des Softwareerstellungsprozesses zu Diagrammtypen der UML	181
Abbildung 78:	Anwendungsfallmodellierung	185
Abbildung 79:	Modellierung des EUS aus interagierenden Paketen	187
Abbildung 80:	Klassendiagramm der Datenkomponente.....	189
Abbildung 81:	Klassendiagramm der Modell- und Methodenkomponente ...	190
Abbildung 82:	Klassendiagramm der Dialogkomponente	191
Abbildung 83:	Zustandsdiagramm der Klasse Spielplanvariante	193
Abbildung 84:	Sequenzdiagramm des Anwendungsfalles „Evolutionäre Algorithmen durchführen“	195
Abbildung 85:	Kriterien zur Bestimmung von Softwarequalität	198

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
A.G.	Aktiengesellschaft
CS	Classifier System
DB	Deckungsbeitrag
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DBV	deutscher Bühnenverein
DDM	Dialog Daten Methoden
d. h.	das heißt
EA	Evolutionärer Algorithmus
ES	Evolutionsstrategie
e.V.	eingetragener Verein
GA	Genetischer Algorithmus
GDSS	Group Decision Support System
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GMD	Generalmusikdirektor
GP	Genetic Programming
HGrG	Haushaltsgrundsatzgesetz
IFO	Institut für Wirtschaftsforschung
IMV	Intendantenmustervertrag
ISO	International Standardization Organization
i. v. m.	in Verbindung mit
MCDSS	Multicriteria Decision Support System
MADM	Multi Attribute Decision Making
MIS	Management Information System
MODM	Multi Objective Decision Making
MOGA	Multiple Objective Genetic Algorithm
NSGA	Nondominated Sorting Genetic Algorithm
NPGA	Niched Pareto Genetic Algorithm
OMG	Object Management Group
OIS	Operational Information System
sog.	so genannt
SPEA	Strength Pareto Evolutionary Algorithm
STEM	Step Method
SUS	Stochastic Universal Sampling
TDM	Tausend DM
TSP	Travelling Salesman Problem
u. d. N.	unter der Nebenbedingung oder unter den Nebenbedingungen
UML	Unified Modeling Language
usw.	und so weiter
u. U.	unter Umständen
VEGA	Vector Evaluated Genetic Algorithm
vgl.	vergleiche
WSGA	Weighted Sum Genetic Algorithm
XPS	Expert System

Symbolverzeichnis

\bar{a}_i	Individuum i
a	Kapazitätsaufnahmekoeffizient
A	Raum möglicher Individuenausprägungen
α	Erfüllungskoeffizient
$b_i,$ $\bar{b}_i, \underline{b}_i$	Kapazitätsgrenze für Nebenbedingung i obere bzw. untere Aufführungsschranken
d	die Anzahl der möglichen Aufführungen pro Zeiteinheit
ε_i	untere Zielerreichungsschranke für Ziel i
η	Korrelationskoeffizienten zwischen Zielerreichungen
k	Anzahl der Zielfunktionen
L	Länge eines Bitstrings
λ	Anzahl der Kinder bei unterschiedlichen Populationsgrößen
m	Anzahl der Eltern, die an Rekombination teilnehmen.
μ	Anzahl der Eltern bei unterschiedlichen Populationsgrößen
n	Anzahl der Individuen bei konstanten Populationsgrößen
$N(0,1), N_j(0,1)$	standardnormalverteilte Zufallszahlen
p	Streckungsfaktor
P_C	Wahrscheinlichkeit für Crossover
P_{CC}	Überkreuzungswahrscheinlichkeit beim Uniform (Order Based) Crossover
P_M	bitweise Mutationswahrscheinlichkeit
$P_S(\bar{a}_i)$	Selektionswahrscheinlichkeit des i -ten Individuums
$\sigma_j(\bar{a}_i)$	Mutationsschrittweite j des Kindes i
T	Ende des Planungszeitraumes
t, t_{pi}	Zeitpunkt, Premierenzeitpunkt für Inszenierung i
τ, τ'	Geschwindigkeit der Anpassung
w_i	Gewichtungsfaktor für Ziel i
$x, x_{i,opt}$	Lösung, beste Lösung für Ziel i
x_i	i -te Problemvariable
X	Menge der zulässigen Lösungen
X_P	Paretomenge
$\Phi(\bar{a}_i)$	Fitness des i -ten Individuums
z, z_i	Zielfunktionen
Z	Raum möglicher Zielausprägungen

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Der Begriff der Krise ist allgegenwärtig in der öffentlichen Diskussion über Theater.¹ Diese Theaterkrise ist auch kein neues oder vorübergehendes Phänomen,² wodurch sich eine resignierende Aussage wie: "In the performing arts, crisis is apparently a state of life."³ erklären lässt.

„Die Krise des öffentlichen Theaters ist zuerst und zuletzt mit der wirtschaftlichen und geistigen Krise unlösbar verbunden und sie wird auch nur im Verein mit ihr behoben[...]“⁴ Dieses Zitat aus dem Jahr 1953 zeigt, dass die Erkenntnis, dass die künstlerische Krise mit der wirtschaftlichen eng verwoben ist, bereits fest in den Köpfen der Theaterschaffenden verankert ist. Dennoch kommen verschiedene Untersuchungen⁵ zu dem Schluss, dass betriebswirtschaftliche Instrumente oder Entscheidungsprozesse in öffentlichen Theatern eher die Ausnahme als die Regel darstellen.⁶ Eine Ursache dafür ist sicher, dass die Theaterkrise eben nicht ausschließlich wirtschaftlicher Natur, sondern ein komplexes Geflecht verschiedener Krisenkomponenten ist.

Als einzelne Komponenten lassen sich die künstlerische, die Publikums-, die finanzielle und die Steuerungskrise identifizieren.⁷

Im Hinblick auf die künstlerische Krise führen Kritiker

- den Mangel an aktuellen deutschsprachigen Stücken,⁸
- den Mangel an Innovationen,⁹
- das Übermaß an formalistischen Experimenten,¹⁰

¹ Vergleiche beispielsweise Flimm, J., Jörder, G., Populismus, 2001, S. 40 und Jörder, G. Publikumsverweigerung, 2001, S. 51, Afheldt, H., Meier, M., Pereira, A., Oper, 2001, S. 27.

² Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 16.

Die Dauer der Diskussion über die Theaterkrise lässt sich beispielsweise an Daten der folgenden Quellen, die die Theaterkrise beschreiben, ablesen: Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 6, Hoffmann, H., Glaser, H., Theater, 1973, S. 470-471, oder Gründgens, G., Wirklichkeit, 1953. Insofern ist der Begriff der Krise hier eigentlich irreführend, weil es sich bei einer Krise um einen „Höhepunkt oder Wendepunkt einer gefährlichen Lage“ handelt; vgl. ohne Verfasser, Krise, 1995, S. 159.

³ Baumol, W. J., Bowen, W. G., Arts, 1966, S. 3.

⁴ Gründgens, G., Wirklichkeit, 1953, S. 15.

⁵ Ossadnik, W., Hoffmann, A., Rechnungswesen, 1984, S. 450, Fischer, D., Hasse, M., Biethahn, J., Untersuchung, 1994, S. 15, Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 36 und Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 55.

⁶ Selbstverständlich entfalten betriebswirtschaftliche Instrumente ihren Nutzen, auch ohne dass eine Krise vorliegt. Der Begriff der Krise wurde bloß aufgegriffen, weil die Diskussion in der Literatur unter diesem Stichwort stattfindet.

⁷ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 6.

⁸ Vergleiche beispielsweise Colberg, K., Bilanz, 1996, S. 6.

⁹ Landgraf, L., Erfahrungen, 1996, S. 25 und Schütz, J., Theater, 1995, S. 36.

- die Vernachlässigung zeitgenössischer Autoren¹¹ und
 - den Hang zur undifferenzierten Popularisierung¹²
- als Symptome an.¹³

Zur Untermauerung des Mangels aktueller deutschsprachiger Stücke und zeitgenössischer Autoren in den Spielplänen führt Martin die Werkstatistik des Deutschen Bühnenvereins für die Spielzeit 1994/ 1995 an¹⁴, in der als das meistgespielte zeitgenössische Werk „Die Kluge“ von Orff auf dem 24. Rang erscheint. Die Werkstatistik der Spielzeit 1998/ 1999, in der sich wieder kein zeitgenössisches Werk unter den ersten zehn platzieren konnte, zeigt, dass sich dieser Sachverhalt seitdem nicht wesentlich verändert hat. Abbildung 1 zeigt die meistgespielten Stücke dieser Spielzeiten inklusive der jeweiligen Aufführungszahlen.

	1994/ 1995		1998 /1999	
Nr.	Titel (Komponist)	Auf.	Titel (Komponist)	Auf.
1	Die Zauberflöte (Mozart)	601	Die Zauberflöte (Mozart)	694
2	Hänsel und Gretel (Humperdinck)	368	Hänsel und Gretel (Humperdinck)	498
3	La Traviata (Verdi)	295	Die Hochzeit des Figaro (Mozart)	311
4	Der Freischütz (Weber)	254	La Traviata (Verdi)	300
5	Rigoletto (Verdi)	238	Rigoletto (Verdi)	282
6	Madame Butterfly (Puccini)	214	Don Giovanni (Mozart)	211
7	Don Giovanni (Mozart)	213	La Bohème (Puccini)	209
8	Carmen (Bizet)	205	Così van tutte (Mozart)	192
9	Tosca (Puccini)	200	Madame Butterfly (Puccini)	183
10	Der Barbier von Sevilla (Rossini)	192	Carmen (Bizet)	165
...		
24	Die Kluge (Orff)	101		

Abbildung 1: Die zehn meistgespielten Opern der Spielzeiten 1994/ 1995 und 1998/ 1999¹⁵

Dieses Phänomen ist allerdings auf Opern beschränkt. Unter den zehn am häufigsten gespielten Schauspielen sind neben „Top Dogs“ von Widmer auf Platz zwei noch sieben weitere Stücke von zeitgenössischen Autoren platziert.¹⁶ In Abbildung 2 sind die zeitgenössischen

¹⁰ Hadamczik, D., Wer, 1995, S. 48, Sucher, C. B., Theater, 1995, S.168, Zabka, T., Leben, 1995, S. 53.

¹¹ Hadamczik, D., Mamet, 1996, S. 45, Hochhuth, R., Geld, 1994, S. 16.

¹² Hilger, H., Marketing, 1985, S. 57.

¹³ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 6-7.

¹⁴ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 6-7.

¹⁵ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Werkstatistik, 1996, S. 74. Die Tabelle wurde von Martin um Berechnungen erweitert; vgl. Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 6 und Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Werkstatistik, 1996, S. 68-69.

¹⁶ Über die Ursachen für die unterschiedlichen Chancen für Opern und Schauspiele, sich im allgemeinen Repertoire zu etablieren, lässt sich nur spekulieren. Die deutlich höheren Aufführungszahlen der Opern gegenüber Schauspielen sind das Ergebnis eines späteren Break Even-Punktes, der durch den höheren

Autoren grau hinterlegt.

Nr.	Titel (Komponist)	Aufführungen
1	Faust (Goethe)	602
2	Top Dogs (Widmer)	572
3	Shakespeares sämtliche Werke – leicht gekürzt (Long/Singer/Winfield)	534
4	Eine Woche voller Samstage (Maar)	448
5	Der zerbrochene Krug (Kleist)	378
6	Meisterklasse (McNally)	362
7	Pippi Langstrumpf (Lindgren)	358
7	Die Kleine Hexe (Preußler)	358
9	Kunst (Reza)	357
10	Comedian Harmonists (Greiffenhagen)	352

Abbildung 2: Die zehn meistgespielten Schauspiele der Spielzeit 1998/ 1999¹⁷

Der Kritikpunkt der mangelnden Innovation unterstellt eine gewisses Verharren des Repertoires. Hoegl veranschaulicht das eindringlich, indem er die zehn am häufigsten gespielten Opern des Spieljahres 1909/1910 - wie in Abbildung 3 - anführt und ihren Verbleib in den heutigen Spielplänen verfolgt. Dabei kommt er zu dem Ergebnis: „Von den zehn meistgespielten Opern der Saison 1909/10 gehören sechs heute noch zu den Dauerbrennern in den Spielplänen: „Madame Butterfly“, „Carmen“, „Tannhäuser“, „Lohengrin“, „Hoffmanns Erzählungen“ und „Der Freischütz“. „Der Bajazzo“ und „Cavalleria rusticana“ werden meist zusammen an einem Abend aufgeführt. Diese Werke stehen heute nicht mehr so im Mittelpunkt des Interesses wie in der Zeit vor dem ersten Weltkrieg. [...] Eugen d’Alberts „Tief-land“ von 1903 war in der Zeit bis zum Zweiten Weltkrieg ein sehr gefragtes Werk. [...] Einzig Ambroise Thomas’ „Mignon“ spielt heute keine Rolle mehr in den Spielplänen. [...] Damit steht fest, dass neun von den zehn meistgespielten Werken 1909/1910 nicht nur heute noch jedem Musiktheaterliebhaber geläufig sind, sondern auch noch sehr stark in den aktuellen Spielplänen vertreten sind. Keine Oper, die ihre Uraufführung nach der betrachteten Saison 1909/1910 erlebte, schaffte es, sich längerfristig unter den zwanzig meistgespielten Werken zu etablieren. „Tourandot“ von Puccini, „Ariadne auf Naxos“ und „Der Rosenkavalier“ von Richard Strauss konnten seitdem in die ersten fünfzig aufrücken. Sonst finden sich auch unter den fünfzig meistgespielten Opern der letzten vier Jahre nur Werke, die 1909 bereits zur Verfügung standen.“¹⁸

Inszenierungsaufwand entsteht. Das gibt Anlass zu der Vermutung, dass Theater mit Opern ein größeres Risiko eingehen und deswegen eher auf bewährte Autoren zurückgreifen.

¹⁷ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Werkstatistik, 2000, S. 261-262.

¹⁸ Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 152. Im dem Zitat sind Fußnoten enthalten, die sich auf die Werkstatistik des Deutschen Bühnenvereins beziehen, vgl. Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Werkstatistik, 1994,

Nr.	Titel (Komponist)	Aufführungen
1	Madame Butterfly (Puccini)	473
2	Carmen (Bizet)	428
3	Tiefland (d'Albert)	409
4	Tannhäuser (Wagner)	369
5	Lohengrin (Wagner)	368
6	Mignon (Thomas)	310
7	Bajazzo (Leoncavallo)	294
8	Hoffmanns Erzählungen (Offenbach)	280
9	Freischütz (Weber)	260
10	Cavalleria Rusticana (Mascagni)	258

Abbildung 3: Die zehn meistgespielten Opern der Saison 1909/ 1910¹⁹

Die künstlerischen Krisensymptome der zu häufigen formalistischen Experimente oder undifferenzierter Popularisierung lassen sich kaum in Kürze stützen oder widerlegen. Deswegen sei diesbezüglich auf die angesprochene Literatur verwiesen.

Die Publikumskrise äußert sich in einem schleichenden Rückgang der Zuschauerzahlen der Theater.²⁰ So haben die Theater Westdeutschlands seit dem Höhepunkt der Zuschauergunst in der Saison 1961/ 62, in der über 20 Mio. Zuschauer in die Theater strömten, bis zum Spieljahr 1989/ 1990, in dem noch gut 15 Mio. Zuschauer kamen, etwa ein Viertel ihres Publikums eingebüßt.²¹ Danach schien der Rückgang des Publikums gestoppt, wie der - jetzt gesamtdeutsche - Besuch von konstant über 20 Mio. Zuschauern zeigt. Die jüngere Entwicklung der Zuschauerzahlen zeigt Abbildung 4.

S. 32-66.

¹⁹ Breitkopf, B. C., Härtel, G. C., (Hrsg.), Bühnenspielplan, 1911, S. 14-37, zitiert nach Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 152.

²⁰ Hilger, H., Marketing, 1985, S. 47-54.

²¹ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 1987, S. 175 und 1991, S. 182.

Spielzeit	Jahr
1999/ 2000	20192616
1998/ 1999	20487892
1997/ 1998	22977060
1996/ 1997	22851034
1995/ 1996	20550042
1994/ 1995	20619588
1993/ 1994	22789923
1992/ 1993	22123020

Abbildung 4: Entwicklung der Publikumszahlen öffentlicher Theater²²

In der Spielzeit 2000/ 2001 deutet sich wieder ein leichter Rückgang der Zuschauerzahlen an, was zu einer erneuten Aufnahme der Diskussion geführt hat.²³

Aufgrund der zunehmenden Individualisierung des Konsums werden auch auf die Theater Maßnahmen zur Erhöhung der Kundenbindung zukommen, um die Zuschauerkrise nachhaltig zu bekämpfen.²⁴ Als Beispiel kann die bessere Anpassung der Aufführungszeiten an flexible Arbeitszeiten dienen.²⁵ Die Berücksichtigung der Publikumsbedürfnisse wird an verschiedenen Stellen im weiteren Verlauf dieser Arbeit wieder aufgenommen.

Im Spieljahr 1999/ 2000 wurden 4.718 Inszenierungen von 39.725 Personen insgesamt 63.953 mal aufgeführt.²⁶ Damit gibt es in Deutschland ein Theaterangebot und eine Theaterdichte, die weltweit einzigartig sind.²⁷

Dieses Angebot wurde durch Zuschüsse von 3.744.365 TDM ermöglicht.²⁸ Und obwohl nach einer Ermittlung des Statistischen Bundesamtes nur 0,8 % aller öffentlichen Ausgaben auf Kunst und Kulturpflege entfallen, von denen lediglich ein Drittel den Theatern und Orchestern zukommen,²⁹ unterstützt kein vergleichbares Land öffentliche Theater in einem derartigen Umfang.³⁰

Den Zuschüssen stehen eigene Einnahmen der Theater von 698.031 TDM gegenüber.³¹ Daraus folgt, dass lediglich 15,71 % der Ausgaben selbst erwirtschaftet wurden.³² Zum Ver-

²² Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, der Jahrgänge 1994-2001.

²³ Flimm, J., Jörder, G., Populismus, 2001, S. 40 und Jörder, G. Publikumsverweigerung, 2001, S. 51.

²⁴ Meffert, H., Birkelbach, R., Freizeitgesellschaft, 1991, S. 266-267.

²⁵ Fiedler-Winter, R., Wohin, 1995, S. 9 oder Abele, H. A., Unternehmenskultur, 1989, S. 117.

²⁶ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 178.

²⁷ Grasskamp, W., Kulturretats, 1996, S. 71 oder Greb, U., Notwendigkeit, 1995, S. 96.

²⁸ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 181.

²⁹ Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Blickpunkt, 1994; zitiert nach Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 1.

³⁰ Bergsdorf, W., Kultursponsoring, 1996, S. 3.

³¹ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 180.

³² Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 183.

gleich: Im Jahr 1957 erreichte das relative Einspielergebnis seinen Höhepunkt mit 40%.³³

Die Entwicklung dieses Verhältnisses kann vor der Argumentation, die unter dem Namen Baumol'sche Kostenkrankheit bekannt geworden ist, nicht allzu sehr verwundern.³⁴ So werden beispielsweise für eine Aufführung der Zauberflöte allein an ausführenden Künstlern 19 Solisten, ein Chor und ein Orchester benötigt.³⁵ Die Möglichkeiten, durch technologische Produktivitätsfortschritte Einsparungen vorzunehmen, besteht ausschließlich bei der Bühnentechnik. Daraus folgt, dass das Theaterprodukt im Vergleich zu anderen Produkten, die von Produktivitätsfortschritten profitieren, relativ immer teurer wird. Wenn die Theaterschaffenden nicht von der Entwicklung der allgemeinen Lohnentwicklung ausgeschlossen werden sollen und die Kostensteigerungen nicht im vollen Umfang an die Zuschauer weitergegeben werden sollen,³⁶ wird das relative Einspielergebnis weiter sinken. Nicht produktivitätsinduzierte Einsparungen wie das Streichen von Szenen oder Figuren sind von einem künstlerischen Gesichtspunkt her fragwürdig. Bleibt nur die Möglichkeit, von vorneherein häufiger Stücke mit kleiner Besetzung auszuwählen oder Stücke semiszenisch aufzuführen.³⁷ Diese beiden Maßnahmen beeinträchtigen bei häufiger Anwendung sehr schnell die Qualität des Angebots, so dass sie das strukturelle Problem nicht lösen können.

So bleibt die Finanzkrise des Theaters grundsätzlich ungelöst.

Unter dem Oberbegriff der Steuerungskrise sind alle die Probleme zusammengefasst, die damit zusammenhängen, dass „die veralteten Instrumente der Führung der Theater den Anforderungen an ein modernes Managementsystem nicht mehr gewachsen sind [...]“.³⁸

Als einzelne Krisensymptome werden

- ein zu kompliziertes System aus heterogenem, unflexiblem Tarifgefüge³⁹ und Bühnen-

³³ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 1977, S. 21.

³⁴ Baumol, W. J., Bowen, W. G., Arts, 1966, S. 163.

³⁵ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 15.

³⁶ Die Preispolitik wird in Übereinstimmung mit der Theaterträger festgelegt. Aus sozialpolitischen Gründen werden keine kostendeckenden Preise verlangt; vgl. Hoffjan, A., Effizienzvergleiche, 1994, S. 292-293 und Ruzicka, P., Musiktheater, 1994, S. 261. Da die Zuschüsse pro Besucher 176 DM ausmachen (vgl. Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 183), würden kostendeckende Preise wohl zu einem erheblichen Rückgang der Nachfrage führen. Das würde wiederum zu steigenden Eintrittspreisen und schließlich zum Zusammenbruch des Marktes führen; vgl. Wagner, B. Theaterreform, 1994, S. 81 oder Dümcke, C., Krisen, 1993, S. 6.

³⁷ Bei semiszenischen Aufführungen werden lediglich die Gesangspartien von den Sängern und dem Chor in der ursprünglichen Reihenfolge vorgetragen. Ein Bühnenbild, die Kostüme und auch das Regiekonzept entfallen; vgl. Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 156-157.

³⁸ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 11.

³⁹ Almstedt nennt neun unterschiedliche Tarifverträge, die in öffentlichen Theatern zur Anwendung kommen können; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 35. Vergleiche weiterhin zu der Problematik Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 34-38, Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 89-105, Schmitz-Gielsdorf, U., Tarifsystem, 1994, S. 72-73, Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 12, Ruzicka, P., Musiktheater, 1994, S. 267, Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 179.

bräuchen,⁴⁰

- ungeeignete Rechtsformen⁴¹ und daraus folgend mangelnde Dispositionsfreiheit und Selbststeuerung,⁴²
- ein veraltetes Rechnungswesen⁴³ - häufig in Form der Kameralistik⁴⁴ - und insbesondere das Fehlen einer Kostenrechnung,⁴⁵
- fehlende Managementkompetenz,⁴⁶
- unprofessionelles Marketing⁴⁷ und
- unzureichende Planungs- und Kontrollinstrumente⁴⁸

genannt.

Die Probleme des unprofessionellen Marketings und der unzureichenden Planungs- und Kontrollinstrumente werfen die Frage auf, warum die vielfach erprobten Instrumente der Betriebswirtschaftslehre nicht einfach angewendet werden.

Die Antwort darauf liegt auf der Hand. Das Theater zeichnet sich durch derartig tiefgreifende Unterschiede im Vergleich herkömmlichen Unternehmen aus, dass eine direkte, unmodifizierte Übertragung des betriebswirtschaftlichen Instrumentariums ausgeschlossen ist.

Diese Unterschiede liegen im Einzelnen

- im Zielsystem,
- im Planungssystem,
- im Produktionsprozess und
- im Produkt selbst.

Das Zielsystem der öffentlichen Theater berücksichtigt neben dem öffentlichen Auftrag, den alle staatlichen Unternehmen beherzigen müssen, künstlerische, publikumsinduzierte und wirtschaftliche Elemente.⁴⁹

⁴⁰ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 40.

⁴¹ Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 180-183, Schuchardt, H., GmbH, 1997, S. 28-30, Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 170-178 und die Ausführungen im Kapitel 2.1.

⁴² Sucher, C. B., Theater, 1995, S. 291-292 und Honolka, K., Oper, 1986, S. 179-183.

⁴³ Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 163-204, Beutling, L., Rechnungswesen, 1986, S. 80-91, Ossadnik, W., System, 1989, S. 509-519 oder Beutling, L., Theatermanagement, 1994, S. 274.

⁴⁴ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 261-267, Hoegl, C., Ökonomie, 1995, 167-171.

⁴⁵ Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 55, Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 34-38 und Schneidewind, P., Entwicklung, 2000, S. 20-23.

⁴⁶ Hilger, H., Marketing, 1985, S. 79-80, Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 36.

⁴⁷ Günter, B., Marketing, 1993, S. 56-63, Hilger, H., Marketing, 1985, S. 111-123, Eder, T. B., Burgtorf, P., Notwendigkeit, 1993, S. 114-138.

⁴⁸ Wagner, B., Theaterreform, 1994, S. 79-140, Ossadnik, W., Hoffmann, A., Rechnungswesen, 1984, S. 450, Fischer, D., Hasse, M., Biethahn, J., Untersuchung, 1994, S. 15 und Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 36.

⁴⁹ Da das Zielsystem öffentlicher Theater an späterer Stelle noch eingehend erörtert wird, sei an dieser

Im Zuge einer engpassorientierten Ausrichtung der Planung gilt in gesättigten Märkten der Absatzplan als der bestimmende Teilplan, der den Rahmen für den Produktions- und den Finanzplan vorgibt. Da die Finanzmittel, die der Staat zu Verfügung stellt, beschränkt sind und sich die Theateraufführungen - wie bereits angesprochen wurde - nicht selbst tragen, findet im Theater aber eine Umkehrung der üblichen Planungsausrichtung statt. Die Finanzmittel werden zum Engpassfaktor und damit der Finanzplan zum bestimmenden Plan, an dem sich der Absatzplan und der Produktionsplan ausrichten.⁵⁰

Die Arbeit im Theater ist sehr personalintensiv. In der Spielzeit 1999/ 2000 machten von den Gesamtkosten in Höhe von 4.717.059 TDM allein die Personalkosten 3.638.386 TDM aus.⁵¹ Damit geht einher, dass ein Großteil der Kosten Fixkosten sind, die durch kurzfristige Maßnahmen nicht verändert werden können. Als Konsequenz wird gefordert, die Anzahl der Inszenierungen und Aufführungen zu erhöhen, um Leerkosten zu senken.⁵² Das Verhältnis der Kostenbestandteile veranschaulicht Abbildung 5.

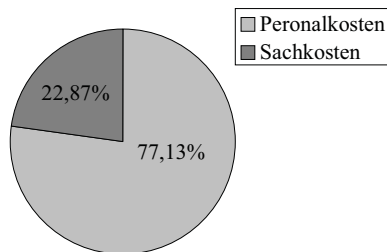


Abbildung 5: Anteile der Kostenbestandteile an den Gesamtkosten⁵³

Als weitere Besonderheit sei die Dualität des Produktionsprozesses genannt, die sich darin äußert, dass sich der Produktionsprozess der Theaterleistung in einen Produktionsteil, in dem das Bühnenbild und die Kostüme hergestellt und die Rollen einstudiert werden, und in den Dienstleistungsteil, in dem die Inszenierungen zur Aufführung kommen, aufteilt.⁵⁴ Aus dem Dienstleistungscharakter der Theateraufführung wiederum resultieren Besonderheiten des Produktes. So sind Theateraufführungen nicht lagerfähig.⁵⁵ Eine Aufzeichnung einer Aufführung, die im Fernsehen oder in einem Kino vorgeführt wird, stellt ein anderes Produkt dar, denn der Live-Charakter des Erlebnisses geht verloren, der ein konstitutives Merkmal der "live performing arts" ist, zu denen das Theater zu rechnen ist.⁵⁶

Die Wirkung des Theaters entsteht erst durch die Wahrnehmung und das Verstehen der ästhe-

Stelle auf 2.2 verwiesen.

⁵⁰ Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 183-184 oder Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 104.

⁵¹ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 182.

⁵² Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 229. Diese Fragestellung wird im Zusammenhang der Betriebsform und der inszenierungsbezogenen Deckungsbeiträge noch diskutiert.

⁵³ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 182.

⁵⁴ Dieser Aspekt wird in der Analyse des Planungssystems noch weiter vertieft, vgl. Kapitel 2.3.

⁵⁵ Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 69.

⁵⁶ Wahl-Zieger, E., Theater, 1978, S. 18.

tischen und künstlerischen Darbietungen. Dadurch ist der Zuschauer aktiv in den Erstellungsprozess der Theaterwirkung eingebunden. Da dieser Prozess bei jedem Zuschauer anders abläuft, ist die Wirkung nicht genau vorhersagbar.⁵⁷ Daraus folgt, dass Unsicherheit über die Qualität herrscht. Zuschauer müssen sich auf subjektive Beurteilungen von Freunden oder Kritikern verlassen oder sie können auf die eigenen Erfahrungen mit dem Theater zurückgreifen. Deswegen wird die Theaterleistung den Vertrauensgütern zugerechnet.⁵⁸

Schließlich werden viele künstlerische Zusammenhänge und Nuancen für den Zuschauer erst mit zunehmender Erfahrung mit dem Theater zugänglich. Daraus folgt, dass der Kunstgenuss mit höherer Theatererfahrung zunimmt. Deswegen werden dem Theaterprodukt zunehmende Grenzerträge bei steigender Anzahl der Theaterbesuche zugeschrieben.⁵⁹

Bei der Vielfalt der theaterspezifischen Besonderheiten ist es unklar, ob betriebswirtschaftliche Instrumente überhaupt soweit angepasst werden können, dass sie einen Beitrag zur Lösung der Steuerungskrise leisten können.

1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit

Im vorangegangenen Kapitel wurden die derzeit unzureichenden Planungs- und Kontrollinstrumente als Teil der Steuerungskrise der öffentlichen Theater identifiziert und gleichzeitig wurde die Frage aufgeworfen, ob betriebswirtschaftliche Instrumente diese Lücke schließen können.

Um diese Frage beantworten zu können, soll die Spielplangestaltung als das zentrale Problem der taktischen Planung öffentlicher Theater als Referenzproblem herangezogen werden. Als betriebswirtschaftliches Instrument soll ein Entscheidungsunterstützungssystem auf Basis Evolutionärer Algorithmen dienen.

Die These, die in dieser Arbeit überprüft werden soll, lautet daher:

Computergestützte Entscheidungsunterstützungssysteme auf Basis Evolutionärer Algorithmen können die Entscheidungsträger öffentlicher Theater in ihrem Planungsprozess bei der Lösung des Problems der Spielplangestaltung unterstützen.

Dafür soll nach einer Analyse des Entscheidungsfeldes und der Überprüfung der Eignung von Evolutionären Algorithmen ein Konzept für ein exemplarisches System vorgeschlagen werden, das den Planungsprozess bei dem Problem der Spielplangestaltung unterstützt. Die Eignung dieses Systems soll stellvertretend kritisch diskutiert werden.

Dieses Kapitel soll den Anstoß, das Ziel und den Aufbau dieser Arbeit verdeutlichen.

Im Anschluss an dieses Kapitel soll das Problem der Spielplangestaltung vorgestellt und spezifiziert werden. Dabei werden insbesondere das Zielsystem, das Planungssystem und der Planungsprozess näher analysiert.

⁵⁷ Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 69.

⁵⁸ Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 72.

⁵⁹ Die Grenzerträge werden sicherlich nicht unbegrenzt steigen, sondern ab einer Sättigungsgrenze wieder sinken. Eine empirische Untersuchung zu dieser Fragestellung steht noch aus.

Kapitel drei stellt Evolutionäre Algorithmen als Methode zur formalen Lösung der Probleme, die in Kapitel zwei aufgestellt wurden, vor. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hier auf der Verarbeitung mehrere Zielsetzungen.

Kapitel vier sammelt die Anforderungen für ein Entscheidungsunterstützungssystem für die Spielplangestaltung und stellt darauf aufbauend ein Konzept für seine Umsetzung vor.

In Kapitel fünf wird die ursprüngliche Fragestellung wieder aufgegriffen und diskutiert, wie weit die Ergebnisse aus Kapitel vier einen Ausweg aus der Steuerungskrise aufzeigen.

2 Gestaltung des Spielplanes für ein öffentliches Theater

2.1 Begriffsklärung und Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Unter einem Theater versteht Eichhorn⁶⁰ in weitgehender Übereinstimmung mit der Literatur „[...] begriffen nicht als das Gebäude, sondern als Institution, [...] eine Einrichtung zur öffentlichen berufsmäßigen Vorführung von Schauspielen.“

Komplizierter ist die Abgrenzung des Begriffs der Öffentlichkeit. Für die Einordnung als ein öffentliches Theater können mehrere Kriterien herangezogen werden:⁶¹

- die Trägerschaft,
- die Rechtsform,
- die Zielrichtung und
- der Zielinhalt.

Die Trägerschaft beschreibt die Eigentümerschaft bzw. die Finanzgeber. Öffentliche Theater werden von staatlichen Gebietskörperschaften oder Gemeinden unterhalten. Einige Theater werden auch unter gemischter Trägerschaft geführt. Öffentlich sind dann solche Theater, die mehrheitlich in staatlicher Hand sind.

Abbildung 6 zeigt eine Übersicht über die Träger öffentlicher Theater in der Bundesrepublik Deutschland.

Theater	Rechtsträger		
	Land	Gemeinde	gemischte Trägerschaft
Insgesamt			
153 (100%)	29 (19%)	78 (51%)	46 (30%)

Abbildung 6: Träger öffentlicher Theater⁶²

Bei den Rechtsformen werden öffentlich rechtliche und privatrechtliche unterschieden. Gemeinhin werden Theater als öffentlich angesehen, wenn sie als öffentlich rechtliche Betriebe geführt werden. Da aber zunehmend Theater privatrechtlich – insbesondere als GmbH - mit öffentlichen Haushalten als Gesellschaftern betrieben werden⁶³ und diese auch als öffentliche Theater verstanden werden, ist die Unterscheidung nach der Rechtsform nicht trennscharf.

Eine Übersicht über die Rechtsformen, die für öffentliche Theater in Frage kommen, liefert Abbildung 7.

⁶⁰ Eichhorn, P. (Hrsg.), Verwaltungslexikon, 1991, S. 821.

⁶¹ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 8-12.

⁶² Die Angaben beziehen sich auf die Spielzeit 1999/ 2000; vgl. Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 178.

⁶³ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 178.

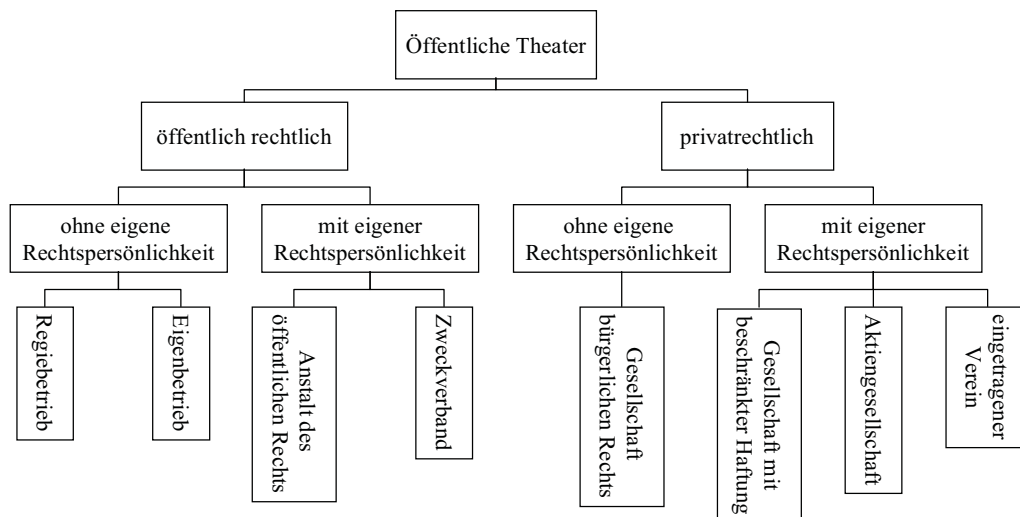


Abbildung 7: Rechtsformen öffentlicher Theater⁶⁴

Regie- und Eigenbetriebe besitzen keine eigene Rechtspersönlichkeit.⁶⁵ Sie sind integraler Bestandteil ihrer Träger. Die Buchführung der Eigenbetriebe ist darüber hinaus vollständig in den Haushalt ihrer Träger integriert. Regiebetriebe führen eine eigenständige Buchführung; ihr Jahresabschluss wird als Anlage an den Haushalt der Träger angefügt.⁶⁶ Die Theater der übrigen Rechtsformen sind selbständige juristische Personen.

Eine Übersicht über die Häufigkeiten ausgewählter Rechtsformen öffentlicher Theater liefert Abbildung 8.

Rechtsform				
Regiebetrieb	AG, GmbH	Zweckverband	e.V.	Sonst. ⁶⁷
71 (46%)	40 (26%)	9 (6%)	8 (5%)	25 (16%)

Abbildung 8: Häufigkeiten ausgewählter Rechtsformen öffentlicher Theater⁶⁸

Die Frage nach der Zielrichtung beschreibt die Unterscheidung nach eigenwirtschaftlich oder gemeinwirtschaftlich orientierten Unternehmen. Dabei sind eigenwirtschaftliche Ziele solche, die den Eigentümern zugute kommen, wohingegen gemeinwirtschaftliche Ziele auf die Ge-

⁶⁴ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 9-10.

⁶⁵ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 20-21, Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 49-53 oder Ruzicka, P., Musiktheater, 1994, S. 258.

⁶⁶ Diese Unterscheidung führt zu der Bezeichnung „Bruttobetrieb“ für Regiebetriebe und „Nettobetrieb“ für Eigenbetriebe und alle anderen Rechtsformen; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 20-21. Vergleiche dazu auch die Unterscheidung in der Buchführung zwischen Haushalts- und Wirtschaftsplanung S. 67.

⁶⁷ „Sonstige“ umfassen hier auch die Eigenbetriebe, die von der Theaterstatistik nicht mehr getrennt aufgeführt werden. In der Spielzeit 1996/97 gab es 17 Betriebe (11%), die in dieser Rechtsform geführt wurden; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 19.

⁶⁸ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 178.

samtheit der Bevölkerung zielen.⁶⁹

Nach dem Zielinhalt werden bedarfswirtschaftliche und erwerbswirtschaftliche Ziele unterschieden. Im Gegensatz zu erwerbswirtschaftlichen Unternehmen, bei denen das Formalziel der Gewinnerzielung im Vordergrund steht,⁷⁰ dominiert bei bedarfswirtschaftlichen Unternehmen die Erfüllung des Sachzieles, das regelmäßig die Deckung eines bestimmten Bedarfes beinhaltet.⁷¹

Öffentliche Theater sind als gemeinwirtschaftlich und bedarfswirtschaftlich einzuordnen, weil sie den allgemeinen Bedarf an künstlerischen Bühnenstücken decken.⁷²

Im Einzelfall weisen Theater nicht alle für öffentliche Theater typischen Merkmale auf. In dem Fall soll die Trägerschaft als entscheidendes Merkmal herangezogen werden.⁷³

Im Gegensatz zu öffentlichen Theatern werden Privattheater, die allerdings in der Regel auch nicht ohne öffentliche Zuschüsse auskommen, und Laienschauspielgruppen nicht zu den öffentlichen Theatern gezählt. Sie werden in dieser Arbeit nicht explizit betrachtet. Dennoch sind einzelne Ergebnisse übertragbar. Genauer muss eine Prüfung im Einzelfall ergeben.

Die überwiegende Mehrzahl der öffentlichen Theater wird als Repertoire-Theater geführt.⁷⁴

Bei dieser Betriebsform⁷⁵ verfügt das Theater über ein bestimmtes Repertoire an Inszenierungen, die in losem Wechsel aufgeführt werden können. Im Gegensatz dazu steht das En-suite-Theater, in dem eine einzige Inszenierung fortwährend wiederholt wird. Vorteile des En-suite-Betriebs sind die Einsparungsmöglichkeiten in den Werkstätten, die sich ausschließlich auf Instandsetzung konzentrieren können, und in der Bühnentechnik, für die das aufwändige Auf- und Abbauen zwischen den Vorstellungen entfällt. Da durch die Inszenierung und das Einstudieren eines Stückes erhebliche Kosten entstehen, die bei steigender Vorstellungsanzahl konstant bleiben, entsteht ein großer Fixkostenblock, der es wünschenswert macht, eine Inszenierung möglichst häufig zu spielen. Vor diesem Hintergrund ist der En-suite-Betrieb am vorteilhaftesten. Darüber hinaus kann in dieser Betriebsform das Ensemble speziell für die eine

⁶⁹ Eichhorn, P., Begriff, 1986, S. 17-18.

⁷⁰ Die Unterstellung, erwerbswirtschaftliche Unternehmen betrieben ausschließlich Gewinnmaximierung, greift dabei zu kurz, da durchaus unterschiedliche Zieleinhalte - wie Kundenorientierung oder Produktqualität - und Zielgruppen - wie Arbeitnehmer, Kapitalgeber und Verbraucher - betrachtet werden. Dennoch handelt es sich dabei lediglich um Unterziele von übergeordneten erwerbswirtschaftlichen Zielen; vgl. Heinen, E., Industriebetriebslehre, 1991, S. 16-17.

⁷¹ Bea, F. X., Informationsbedarf, 1987, S. 18.

⁷² Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 10-11.

⁷³ Vergleiche zu dieser Abgrenzung die Definition des Deutschen Bühnenvereins: „Öffentliche Theater sind solche, deren rechtliche und wirtschaftliche Träger Länder, Gemeinden, Gemeindeverbände sind, gleich ob sie in eigener Regie oder in privater Rechtsform betrieben werden.“; vgl. Deutscher Bühnenverein, Theaterstatistik, 1999, S. 9.

⁷⁴ Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 228.

⁷⁵ Vergleiche zu den unterschiedlichen Betriebsformen Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 93, Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 228-232, Hilger, H., Marketing, 1985, S. 16-17, Beutling, L., Controlling 1993, S. 35 und Hendrickx, C., Kostenrechnung, 1989, S. 36-38.

Inszenierung ausgewählt werden und entsprechend kleiner ausfallen. Letzteres gilt für Singstücke jedoch nur in begrenztem Ausmaß, da wegen der hohen Belastung der Sänger die Hauptrollen mehrfach besetzt werden müssen. Dennoch können durch diese Konzentration des Ensembles erhebliche Einsparungen erzielt werden.⁷⁶ Für den En-suite-Betrieb eignen sich nur ausgewählte Stücke, die das Theater in die Lage versetzen, ausreichend viele Zuschauer anzuziehen. Experimentellen oder anspruchsvollen Stücken werden für diese Betriebsform keine Chancen eingeräumt. Der größte Nachteil ist der Verlust an Vielfalt im Spielplan, der mit Rücksicht auf den künstlerischen Auftrag für öffentliche Theater als unannehmbar angesehen wird.⁷⁷ Dahingegen werden viele private Theater als En-suite-Betrieb geführt.⁷⁸ Auch wenn ein reiner En-suite-Betrieb als unannehmbar angesehen wird, so können doch einige seiner Vorteile durch die Aufführung von mehreren Vorstellungen einer Inszenierung en bloc erzielt werden.⁷⁹ Zu denken ist hier vor allem an die Einsparung von Auf- und Abbauarbeiten. Beim En-bloc-Betrieb bleibt jedoch die Vielfalt des Spielplanes erhalten.

Weiterhin ist denkbar, dass das Ensemble von Theater A zuerst eine Woche im Theater A und danach eine Woche im Theater B spielt. Spiegelbildlich spielt das Ensemble B zuerst im Theater B und danach in A. Dieses System kann auf mehrere Theater ausgeweitet werden. Dadurch kann die Anzahl der Aufführungen pro Inszenierung gesteigert werden, ohne die Nachteile des En-suite-Betriebes in Kauf nehmen zu müssen. Dieses System verbindet die Variabilität des Spielplanes des Repertoire-Betriebes mit der Möglichkeit von Kostendegressionseffekten des En-suite-Betriebes. Nachteilig ist hier, dass das Ensemble großer Reisetätigkeit und langen Abwesenheitszeiten von seinen Wohnorten unterworfen wird. Auch bei der Gestaltung des Bühnenbildes muss darauf geachtet werden, dass die Kulissen transportiert werden können und auf Bühnen unterschiedlicher Größe installiert werden können müssen. Diese beiden Einschränkungen führen dazu, dass sich dieses System bis jetzt nicht durchsetzen konnte.

Der Stagione-Betrieb schließlich verzichtet auf ein festes Ensemble. Stattdessen werden Gastspiele von anderen Bühnen verpflichtet. Nur in Ausnahmefällen wird ein Stück selbst inszeniert und gespielt, wofür dann unter hohen Kosten ein Ensemble zusammengestellt werden muss. Diese Betriebsform kann ausschließlich funktionieren, solange noch Theater mit eigenem Repertoire existieren.

Hilger unterscheidet noch zwischen stehenden und Wanderbühnen, die ohne festen Standort mehrere Gemeinden zyklisch bespielen.⁸⁰ Diese haben den Vorteil, dass Gemeinden, die ein-

⁷⁶ Im Gutachten der kommunalen Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung sind die Nachteile der Umwandlung eines Repertoiretheaters in den En-suite-Betrieb zusammenfassend dargestellt; vgl. Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 66.

⁷⁷ Siehe Kapitel 2.2.1.

⁷⁸ Zu denken ist vor allem an die Musical-Produktionen der Stella A.G.

⁷⁹ Viele der "nonprofit permanent professional theatres" in Amerika arbeiten in diesem "modified repertory" genannten System; vgl. Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 229.

⁸⁰ Hilger, H., Marketing, 1985, S. 15.

zeln kein Theater tragen können, trotzdem in den Genuss von Theatervorstellungen kommen. Zusätzlich können so auch Stücke, die nur wenige Zuschauer anziehen, wirtschaftlich möglich werden, indem nach jeweils wenigen Aufführungen der Spielort gewechselt wird. Auch diese Betriebsform ermöglicht die Realisierung von Kostendegressionseffekten durch die Erhöhung der Aufführungsanzahl.

Der austauschende En-bloc-Betrieb, der Staggione-Betrieb und die Wanderbühnen erfordern die Abstimmung von Spielplänen mehrerer Theater oder wenigstens mehrerer Gemeinden. Die damit verbundenen Schwierigkeiten sollen in dieser Arbeit nicht direkt berücksichtigt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass der dadurch steigende Koordinationsaufwand die Notwendigkeit und die zu erzielenden Nutzeffekte eines Spielplanunterstützungssystems noch ansteigen lassen.

Neben den unterschiedlichen Betriebsformen werden auch fünf idealtypische Führungsmodelle für öffentliche Theater genannt, die sich in der Verteilung der Aufgaben und der Leitungskompetenzen zwischen Intendanten, Verwaltungsdirektor und Spartenleitern unterscheiden.⁸¹ Abbildung 9 zeigt diese Modelle im Überblick.

⁸¹ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 34-38.

Führungsmodell	Verantwortungsbereiche
1. Reine Intendantenführung	Der Intendant ist im Innen- und Außenverhältnis alleinverantwortlicher Leiter.
2. Eingeschränkte Intendantenführung	Der Intendant vertritt das Theater allein nach außen. Der Generalmusikdirektor (GMD) übernimmt die künstlerische Leitung des Orchesters. Die Spielplangestaltung erfolgt unter Absprache zwischen Intendanten und GMD.
3. Gemeinsame Führung mit gemeinsamen Verantwortungsbereichen	Der Intendant vertritt das Theater allein nach außen. Im Innenverhältnis sind Intendant und Verwaltungsdirektor gleichberechtigt. Sie bilden ggf. mit dem GMD ein Direktorium.
4. Gemeinsame Führung mit geteilten Verantwortungsbereichen	Der Intendant vertritt das Theater i.d.R. allein nach außen. Die administrativen/ wirtschaftlichen Tätigkeiten liegen beim Verwaltungsdirektor oder sind aufgeteilt. Eventuelle Spartenleiter tragen die künstlerische Verantwortung für ihre Sparten.
5. Gemeinsame Führung mit gemeinsamen und geteilten Verantwortungsbereichen	Wie 4. Zusätzlich sind gemeinsam zwischen Intendanten und Verwaltungsdirektor wahrzunehmende Aufgaben festgelegt. Spartenleiter und GMD bilden ein Direktorium mit festen Aufgaben.

Abbildung 9: Fünf idealtypische Führungsmodelle im Überblick⁸²

Im Folgenden soll, wenn keine anderslautenden Angaben gemacht werden, von einem öffentlichen Theater mit eigenem Ensemble im Repertoirebetrieb mit reiner Intendantenführung, das als Regiebetrieb geführt wird und nur gelegentlich auf Gastspielreise geht, ausgegangen werden.

Die Planung in öffentlichen Theatern vollzieht auf den verschiedenen Ebenen in unterschiedlichen Plänen.

Als Spielplan wird die Zusammenstellung der in einer Spielzeit zu inszenierenden Bühnenstücke und wiederaufgenommenen Bühnenstücke inkl. der Anzahl der Aufführungen pro Inszenierung definiert.⁸³ Die Inszenierungs- und Aufführungsfolge der einzelnen Stücke wird noch nicht determiniert. Im Inszenierungsplan ist der koordinierte Gesamtprozess der Inszenierungen aller aufzuführenden Stücke festgehalten. Der Aufführungs- (/ Programm-)Plan

⁸² Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 34-35 (gekürzt).

⁸³ Sandhack, M., Spielplan, 1992, S. 868.

bestimmt die zeitliche Abfolge und räumliche Zuordnung der einzelnen Aufführungen inkl. der Terminierung der Premieren.⁸⁴ Darüber hinaus wird der Monatsplan unterschieden, der festlegt, welches Stück an welchem Tag auf welcher Bühne aufgeführt wird. Der Monatsplan wird insbesondere dann, wenn er als Zuschauerinformation veröffentlicht wird, auch als Leporello bezeichnet. Der Monatsplan wird umgangssprachlich ebenfalls als Spielplan bezeichnet. Um eine eindeutige Sprachregelung zu erhalten, soll ausschließlich die Bezeichnung Monatsplan herangezogen werden. Die Auswahl der Inszenierungen für den Spielplan, die Erstellung des Inszenierungs- und des Aufführungsplanes soll zusammen - dem Sprachgebrauch folgend⁸⁵ - als Spielplangestaltung zusammengefasst werden. Der genaue Inhalt und die Abgrenzung der Teilpläne erfolgt in Kapitel 2.3.3.

2.2 Zielsystem

2.2.1 Zielidentifikation

In der Literatur besteht Einigkeit darüber, dass sich das Zielsystem eines öffentlichen Unternehmens von dem eines erwerbswirtschaftlichen deutlich unterscheidet.⁸⁶ Darüber hinaus ergeben sich durch das künstlerische Betätigungsfeld eines Theaters zusätzliche Zielaspekte, so dass eine eingehende Betrachtung des Zielsystems notwendig ist, bevor das Problem der Spielplangestaltung näher betrachtet werden kann.

Diese Analyse soll an dem Zielsystem eines idealtypischen Theaters durchgeführt werden und in Anlehnung an die Vorgehensweise bei Biethahn, Muksch und Ruf erfolgen.⁸⁷

Als Schritte werden dabei

- Zielsuche und -formulierung,
- Ordnen der Ziele in einem Zielsystem,
- Operationalisierung der Ziele,
- Zielbewertung und
- Revision des Zielsystems

unterschieden.

Mit dem Betrieb des Theaters werden eine Fülle von Zielen unterschiedlichster Personengruppen und Inhalte verfolgt. Dabei handelt es sich um

- Sach- und Formalziele,
- künstlerische Ziele,
- Ziele, die aus den gesellschaftlichen Funktionen des Theaters entstehen,
- Ziele, die die Besucher mit einem Theaterbesuch verbinden,

⁸⁴ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 61.

⁸⁵ Spielplangestaltung ist also der Oberbegriff für das Erstellen des Spielplanes, des Inszenierungs- und des Aufführungsplanes. Da diese Sprachregelung zu Verwirrung führen kann, wird anstelle des Erstellens des Spielplanes genauer von der Auswahl der Inszenierungen gesprochen.

⁸⁶ Brede, H., Ziele, 1989, Sp. 1868-1876.

⁸⁷ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W.: Informationsmanagement, 2000, S. 246-254.

- Ziele, die Theaterschaffende mit ihrer Arbeit verfolgen und
- Ziele, die die wirtschaftliche Effizienz betreffen.

Die Unterscheidung in Formal- und Sachziel geht auf Kosiol⁸⁸ zurück. Dabei stellt das Sachziel den Unternehmenszweck, d. h. das Aufgabengebiet dar, auf dem das Unternehmen agiert. Als Sachziel öffentlicher Theater wird die Produktion und Präsentation von künstlerischen Bühnenwerken angesehen.⁸⁹

Die Formalziele oder Lenkungsziele sind solche, nach denen zukünftige Zustände bewertet und Entscheidungen getroffen werden können. Es kann mehr als ein Formalziel existieren. Im Falle mehrerer Formalziele muss betrachtet werden, wie weit sich die einzelnen Formalziele widersprechen oder gar ausschließen. Im Folgenden sollen unter Zielen ausschließlich Formalziele verstanden werden.

Unter den Einzelzielen der öffentlichen Theater wird die Kunst regelmäßig an erster Stelle genannt. Unter Kunst wird die „schöpferisch gestaltende Umsetzung innerer und äußerer Erfahrungsinhalte in ein diese transzendierendes Werk, das vom Betrachter als ästhet. Wert empfunden wird [...]“⁹⁰, verstanden. Neben dem Schaffen von Kunstwerken an sich muss auch die künstlerische Selbstverwirklichung der Kunstschaffenden ermöglicht werden.⁹¹ Ossadnik und Beutling betonen die Bedeutung der Kunst für das Theater zusätzlich dadurch, dass sie sie in das Sachziel aufnehmen: „[Das] Sachziel öffentlicher Theater [besteht] darin, dem Publikum künstlerisch wertvolle Bühnenwerke zu präsentieren“⁹² bzw. „[Das Theater ist] Spielstätte der Kunst und Produktionsstätte für Kunst“.⁹³ Damit wird angenommen, dass ein Theater, das die Kunst nicht ausreichend berücksichtigt, seinen Zweck verfehlt. Den herausragenden Stellenwert der Kunst im Zielsystem öffentlicher Theater unterstreicht Buchholz, der der Instrumentalisierung des Theaters für andere Zwecke als den der Kunst eine deutliche Absage erteilt: „Niemand hat das Recht, von der Kunst etwas anderes zu verlangen als Kunst.“⁹⁴ und noch deutlicher Fabel: „Als übergreifend tragfähiges Ziel hat sich einzig die Förderung des Theaters um seiner Kunst selbst willen herauskristallisiert, bei der auf alle

⁸⁸ Kosiol, E.: Einführung, 1966, S. 212.

⁸⁹ Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 38, oder Beutling, L., Controlling, 1990, S. 119, ähnlich: Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 69. Daneben existiert auch die weitere Auffassung, dass die Präsentation von künstlerischen Bühnenwerken ausreicht; vgl. Ossadnik, W., Theatermanagement, 1987, S. 146. Damit sind auch diejenigen Theater durch die Definition erfasst, die ihren Spielplan ohne eigenes Ensemble ausschließlich mit Gastspielen füllen. Im Allgemeinen soll die umfassendere Definition herangezogen werden. Die Bereiche, die sich mit den Inszenierungsprozessen befassen, gelten selbstverständlich nur für Theater mit eigenen Werkstätten und Ensembles.

⁹⁰ Ohne Verfasser, Kunst, 1995, S. 189.

⁹¹ Hilger, S. 39 und Martin, S. 31, die diese Forderung direkt aus Artikel 5, Absatz 3 des Grundgesetzes herleitet. Vergleiche für eine ausführlichere Diskussion der gesetzlichen Verpflichtung zur Kunstunterstützung auf S. 31.

⁹² Ossadnik, W., Theatermanagement, 1987, S. 146.

⁹³ Beutling, L., Controlling, 1990, S. 119.

⁹⁴ Buchholz, E., Kunst, 1966, S. 56.

Funktionalisierungen verzichtet wird: „Theater legitimiert sich als Theater.“⁹⁵

Dieser radikalen Ablehnung weiterer Zielelemente des Theaters soll sich in dieser Arbeit allerdings nicht angeschlossen werden. Stattdessen sollen auch wirtschaftliche und soziale Aspekte berücksichtigt werden: „Es gibt außerdem soziale und ökonomische Wirkungen der Kultur. Kultur wird zwar nicht gemacht wegen dieser Wirkungen, sie wird aber unterstützt um dieser Wirkungen willen.“⁹⁶

Die Möglichkeiten, die Erfüllung dieses und der folgenden Ziele zu überprüfen oder zu messen, werden in Abschnitt 2.2.3 erörtert.

Durch die hohen staatlichen Subventionen wird der Unterhalt der öffentlichen Theater erst ermöglicht, da eine kulturelle Versorgung der Bevölkerung zu akzeptablen Preisen durch den Markt regelmäßig nicht gewährleistet ist.⁹⁷ Damit sind die öffentlichen Theater in besonderem Maße an einen öffentlichen Auftrag gebunden, der ihnen Richtlinien in einigen Entscheidungsbereichen vorschreibt.⁹⁸ Durch diese Richtlinien können die Träger einen gewissen Einfluss auf das Zielsystem der Theater ausüben.⁹⁹ Deswegen spiegeln sich eine ganze Reihe von Zielen, die die Träger mit dem Unterhalt öffentlicher Theater verbinden, im Zielsystem wider.¹⁰⁰

Bevor diese Zielaspekte explizit ermittelt werden, erfolgt eine Gegenüberstellung der unterschiedlichen theoretischen Konzepte zur Heilung des angesprochenen Marktversagens in einem kurzen Exkurs. Dadurch kann ihre jeweilige Anwendbarkeit hinterfragt und die Rechtmäßigkeit und die Gewichtung der öffentlichen Zielaspekte beurteilt werden.

In Deutschland existiert eine in der Welt einzigartige Theaterlandschaft. Die Dichte der Theater ermöglicht eine hervorragende Versorgung der Bevölkerung mit Theaterkunst. Diese Versorgung wird allerdings durch eine ebenfalls weltweit einzigartige Menge an Transferzahlungen des Staates erkaufte.¹⁰¹ Subventionen für Theater werden häufig mit verschiedenen Formen des Marktversagens begründet.¹⁰² Dabei besteht in der Literatur keine einheitliche Meinung hinsichtlich der Anwendbarkeit der einzelnen Erklärungskonzepte. Mitunter werden sie sogar sinnwidrig vermengt wie die Theorie externer Effekte und öf-

⁹⁵ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 57. Das Zitat innerhalb des Zitats von Fabel stammt von Siebenhaar, K., ohne Titel, 1997, S. 34.

⁹⁶ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 121.

⁹⁷ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 1.

⁹⁸ Vergleiche zum Begriff „öffentlicher Auftrag“ Almstedt, M., Controlling, 1999, S. 51 sowie die dort angegebene Literatur.

⁹⁹ Siede-Hiller stellt den Zwiespalt der Theater zwischen Kunstfreiheit und Kontrolle durch die Träger sehr detailliert und kritisch dar; vgl. Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981.

¹⁰⁰ Almstedt, M., Controlling, 1999, S. 51.

¹⁰¹ Grasskamp, W., Kulturetats, 1996, S. 71, Greb, U., Notwendigkeit, 1995, S. 96, Martin, Typologisierung, 1999, S. 1.

¹⁰² Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S.46-47 und S. 66 sowie die dort angegebene Literatur.

fentlicher Güter bei Baumol und Bowen¹⁰³ oder externer Effekte und meritorischer Güter bei Andrae und Keuschnigg¹⁰⁴.

Als öffentliche Güter werden solche Güter und Dienstleistungen bezeichnet, bei denen der Konsum nicht rivalisierend ist und Nicht-Käufer nicht vom Konsum ausgeschlossen werden können. Konsumenten, die eigentlich bereit sind, diese Güter zu erwerben, können diese Präferenzen verbergen und spekulieren, dass andere diese Güter produzieren und konsumieren werden. In dem Fall können sie von diesen Gütern - ohne mit den anderen Wirtschaftssubjekten zu kollidieren und ohne von dem Konsum ausgeschlossen werden zu können - profitieren, ohne ihren Anteil an den Produktionskosten zu tragen. Da potenziell alle Konsumenten so denken können, wird kein Markt für diese Güter zustande kommen.¹⁰⁵ Da - unter Ausnahme von Premieren - die Theater meist nicht bis auf den letzten Platz gefüllt sind und weitere Zuschauer den Genuss einer Vorstellung nicht trüben - insbesondere kann sogar ein zu leeres Haus aufgrund mangelnder Stimmung zu Nutzeneinbußen führen - ist das Kriterium der Nichtrivalität erfüllt.¹⁰⁶ Da Theatervorstellungen in der Regel in geschlossenen Räumen stattfinden, können Menschen ohne Eintrittskarte problemlos ausgeschlossen werden. Damit ist das Kriterium der Nichtausschließbarkeit nicht erfüllt und es handelt sich bei einem Theaterbesuch nicht um ein rein öffentliches Gut.¹⁰⁷ Nichtausschließbarkeit besteht lediglich für einige Teilnutzen - wie u.a. den Optionswert¹⁰⁸, den Erhalt des künstlerischen Erbes und der wirtschaftlichen Standorteffekte. Diese Teilnutzen fallen gegenüber dem Hauptnutzen des Theaterbesuchs gering aus.¹⁰⁹ Güter, bei denen ausschließlich Nichtrivalität vorliegt, brauchen gemäß der Clubgütertheorie nicht staatlich angeboten zu werden, sondern können von Gemeinschaften, die ein Theater unterhalten und die Kosten teilen, produziert werden.¹¹⁰ Die Theorie öffentlicher Güter spricht also nicht für eine staatliche Subventionierung öffentlicher Theater.

Von der Theorie öffentlicher Güter sind die der externen Effekte sorgfältig zu trennen. Externe Effekte treten auf, wenn bei der Produktion oder dem Konsum von Gütern Nutzen oder Kosten für Wirtschaftssubjekte entstehen, die nicht mit diesen Transaktionen verbunden sind. Diese Effekte werden bei den Entscheidungen nicht berücksichtigt, weil sie den Auslöser nicht direkt berühren. Im Falle von externem Nutzen führt das zu einer niedrigeren Produktion als in einem gesamtwirtschaftlichen Optimum.¹¹¹ Die im Folgenden noch

¹⁰³ Baumol, W. J., Bowen, W. G., Arts, 1966, S. 385-386.

¹⁰⁴ Andrae, C.-A., Keuschnigg, C., Kunst, 1982, S. 41-42.

¹⁰⁵ Schumann, J., Grundzüge, 1999, S. 38-39.

¹⁰⁶ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 46.

¹⁰⁷ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 47.

¹⁰⁸ Der Optionswert bezeichnet hier Nutzen, der aus der reinen Möglichkeit entsteht, das Theater besuchen zu können, ohne diese Möglichkeit tatsächlich wahrzunehmen.

¹⁰⁹ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 47-48.

¹¹⁰ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 48-54.

¹¹¹ Schumann, J., Grundzüge, 1999, S. 38.

genauer zu spezifizierenden wirtschafts- und sozialpolitischen Funktionen könnten als externe Effekte von Theateraufführungen verstanden werden und als solche Subventionen rechtfertigen. Solf widerspricht diesem Argument. So seien einige dieser Effekte durch Aushandlungslösungen besser zu internalisieren. Das gilt vor allem dann, wenn die Nutznießer erkannt werden können, wie das bei nahe gelegenen Gastronomiebetrieben der Fall ist.¹¹² Ähnliches gilt bei sog. räumlichen Spillovers, bei der angrenzende Gemeinden, deren Bewohner auch das Theater besuchen, an dessen Kosten beteiligt werden sollten.¹¹³ Andere Effekte führen nicht zu einer gesamtwirtschaftlichen Verbesserung, sondern lediglich zu einer Verschiebung zwischen den Regionen. So wird durch die erhöhte Standortattraktivität nicht die gewerbliche Gesamtproduktion gesteigert, sondern lediglich von anderen Standorten weggelockt.¹¹⁴ Schließlich seien induzierte Nachfrageänderungen so genannte pekuniäre externe Effekte, die zwar Veränderungen im Preisgefüge hervorrufen, aber damit ausschließlich eine Umverteilung innerhalb der Wirtschaftssubjekte und keine Nutzensteigerung hervorrufen. Auch solche externe Effekte stellen kein Argument für Subventionen dar.¹¹⁵ Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass auch negative externe Effekte der Theatervorstellungen genannt werden: z.B. erhöhtes Verkehrsaufkommen oder Verärgerung über den elitären Charakter bestimmter Kulturinstitutionen.¹¹⁶

Göschl fordert aufgrund dieser Gegenargumente gegen die Anwendung der Theorien externer Effekte und öffentlicher Güter diese nicht in der Debatte um Theatersubventionen heranzuziehen, denn „im Zweifelsfall schaden solche „Umwegbegründungen“ der Kulturpolitik [...] mehr als sie ihr nützen“.¹¹⁷

Während Nichtrivalität und Nichtausschließbarkeit des Konsums und externe Effekte als Formen des Marktversagens gelten, d. h. ohne Eingreifen des Staates wird das gesamtwirtschaftliche Optimum verfehlt, wird die Theorie meritorischer Güter mit einem „qualitativen“ Versagen begründet. Das Problem liegt nicht darin, dass die Präferenzen der Wirtschaftssubjekte nicht befriedigt werden können, sondern darin, dass die Präferenzen selbst als unzulänglich gelten. Der Nutzen meritorischer Güter – und der Schaden demeritorischer Güter – werden von den Konsumenten unterschätzt.¹¹⁸ Während diese Argumentation bei öffentlicher Schulbildung und der Bekämpfung von Drogenhandel als allgemein akzeptiert gilt, wird sie bei der Anwendung auf Theater von einigen Autoren für einen Eingriff in die Konsumentensouveränität gehalten.¹¹⁹ Als ein Grund für die Annahme, dass

¹¹² Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 73-76.

¹¹³ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 99-101.

¹¹⁴ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 74.

¹¹⁵ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 69-70.

¹¹⁶ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 95 und Horlacher, F., Kultursubventionen, 1984, S. 17.

¹¹⁷ Göschel, A., Sozialstaat, 1995, S. 27 zitiert nach Fabel, M., Controlling, 1998, S. 145.

¹¹⁸ Schumann, J., Grundzüge, 1999, S. 39.

¹¹⁹ Schumann, J., Grundzüge, 1999, S. 39, Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 101-103 und die dort angegebene Literatur.

verzerrte Präferenzen vorliegen, kann gelten, wenn es mit zunehmender Erfahrung einfacher wird, künstlerisch hochwertige Stücke zu verstehen und Nutzen aus ihnen zu ziehen. Denn dann werden von Jugendlichen und Erwachsenen mit geringer kultureller Erfahrung zu wenig Theaterveranstaltungen nachgefragt.¹²⁰ Auch die Erhaltung des kulturellen Erbes für zukünftige Generationen wird gemäß Solf nicht ausreichend von der jetzigen Generation berücksichtigt.¹²¹

Die Theorie meritorischer Güter liefert keine wirtschaftliche Begründung für Theatersubventionierungen im engeren Sinne, sondern sie legitimiert Transferzahlungen aufgrund eines gesellschaftlichen Konsenses zur Förderung der Kultur.

Dieser Konsens wird von einer Umfrage in Ulm und Wuppertal bestätigt, in der 93 % der Theaterbesucher und 66 % der Nichtbesucher zustimmen, dass Theater „eine wichtige und förderungswürdige Bereicherung des kulturellen Lebens eines jeden Landes und jeder Stadt“ seien.¹²² In einer weiteren Umfrage lehnt die überwiegende Mehrheit der Befragten eine Selbstfinanzierung der Kultur ab. 75 % der Bevölkerung sagen aus, dass sie gegen die Beschneidung von Theatern - unter dem ausdrücklichen Hinweis, dass diese Einsparungen Steuersenkungen oder Verbesserung anderer staatlicher Leistungen zu Folge hätten - sind.¹²³

Im Folgenden sollen die Funktionen der Theater in der Gesellschaft herausgearbeitet werden, die rechtfertigen, von einem meritorischen Gut zu sprechen.

Das älteste¹²⁴ Ziel ist, mit Hilfe des Theaters die Repräsentativität einer Stadt zu erhöhen und damit das Image einer Stadt positiv zu beeinflussen. Es hat sich gezeigt, dass Theater einen deutlichen Unterschied in der Wahrnehmung der Urbanität einer Gemeinde machen.¹²⁵ Everding verdeutlicht dies so: „Der Ehrgeiz, ein Theater zu besitzen, ist der Ehrgeiz eine Stadt zu sein. Der Ehrgeiz, eine Stadt zu sein, ist der Ehrgeiz ein Theater zu besitzen [...]“.¹²⁶ Ein positives Image wiederum kann Touristen zu einem Besuch in der Stadt bewegen. Beispielsweise kommen nur ca. 30% der Besucher der Semperoper aus Dresden selbst.¹²⁷ Zu diesem Beispiel muss kritisch bemerkt werden, dass dieser Wert wegen des außergewöhnlichen Renommées der Semperoper weit über dem Durchschnitt liegen dürfte. Allerdings ist diese Angabe geeignet, ein Schlaglicht auf das Anzugspotenzial eines Theaters zu werfen. Von solchen Touristen

¹²⁰ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 114-119, Horlacher, F., Kultursubventionen, 1984, S. 36-37, Throsby, C. D., Whithers, G. A., Economics, 1979, S. 191.

¹²¹ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 123-126, Wahl-Zieger, E., Theater, 1978, S. 250-251.

¹²² Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 92.

¹²³ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 145.

¹²⁴ Siede-Hiller zeigt die Kontinuität der repräsentativen Funktion des Theaters seit der Zeit der höfischen Repräsentation auf, vgl. Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 47. Vergleiche zu einer ähnlichen Darstellung Fabel, M., Controlling, 1999, S. 119.

¹²⁵ Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., Kulturentwicklung, 1999, S. 79-80.

¹²⁶ Everding, A., Theater, 1985, S. 10.

¹²⁷ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 169.

profitieren nicht ausschließlich die Theater, sondern auch Mitglieder anderer Wirtschaftszweige, die Komplementärgüter anbieten, wie Hotels, Pensionen, Gastronomiebetriebe und Taxen.¹²⁸ Auch eine Veränderung der Nachfrage nach Kleidung und Büchern und Tonträgern kann beobachtet werden.¹²⁹

Zu diesen Ausführungen ist kritisch zu bemerken, dass es zweifelhaft ist, ob die Entscheidungen im Theater mit Rücksicht auf eine mögliche Attraktivität für Touristen gefällt werden.¹³⁰ Zusätzlich ist es fraglich, ob die Attraktivität einer Stadt nicht mehr von dem Vorhandensein eines Theaters abhängt, als von dessen laufenden Entscheidungen. Solf nennt diese Effekte deswegen externe Effekte bei Betriebsgründung.¹³¹ Wenn eine Zielgröße nicht von den zu bewertenden Entscheidungen beeinflusst wird, ist die Auswahl der Zielgröße natürlich ungeeignet. Damit wäre eine Erhöhung der Attraktivität der Stadt für das Theater keine sinnvolle Zielsetzung mehr. Hier sei aber angenommen, dass der künstlerische Ruf eines Theaters von der Öffentlichkeit auch wahrgenommen wird.¹³²

Die Ausstrahlung des Theaters wirkt aber nicht nur nach außerhalb, sondern auch auf die Einwohner selbst. So ermitteln Heinrichs, Klein und Bendixen, dass die Wohnattraktivität einer Stadt in hohem Maße von ihrem kulturellen Angebot abhängt.¹³³ Sogar auf die Arbeitszufriedenheit wirkt das Vorhandensein eines kulturellen Angebots positiv ein.¹³⁴ Das ist von Bedeutung, da Arbeitskräfte bei der Auswahl ihres Arbeitsplatzes durch die Attraktivität des Wohnortes beeinflusst werden. So sagt Ganser bereits 1970 „qualifizierte Arbeitskräfte suchen sich ihren Arbeitsplatz nach der Attraktivität des Wohnortes aus.“¹³⁵ Einige empirischen Untersuchungen bestätigen, dass Unternehmen in ihrer Standortwahl diese Aspekte explizit berücksichtigen.¹³⁶ Das gilt insbesondere dann, wenn benötigtes Fachpersonal schwer zu akquirieren ist. Hummel und Waldkircher bestätigen allgemein, dass das Image einer Stadt als

¹²⁸ Vergleiche dazu Solf, G., *Theatersubventionierung*, 1993, S. 67-68. Nach Harth verbinden 50 % der Zuschauer die Theaterrückmeldung mit einem Gastronomiebesuch; vgl. Harth, H.A., *Publikum*, 1982, S. 51.

¹²⁹ Hummel, M., Berger, M., *Bedeutung*, 1988, S. 178-181.

¹³⁰ Fabel, M., *Controlling*, 1999, S. 120.

¹³¹ Solf, G., *Theatersubventionierung*, 1993, S. 68.

¹³² Diese Kritik gilt in schwächerer Form auch für einige der folgenden Ziele, sie wird aber nicht jedes Mal erneut angeführt.

¹³³ Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., *Kulturentwicklung*, 1999, S. 108-109.

¹³⁴ Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., *Kulturentwicklung*, 1999, S. 109.

¹³⁵ Ganser, S. 106, zitiert nach Solf, G., *Theatersubventionierung*, 1993, S. 72. Taubmann und Behrens bestätigen diese Ergebnisse und bekräftigen, dass sie insbesondere für hochqualifizierte Arbeitskräfte gelten, vgl. Taubmann, W., Behrens, F., *Auswirkungen*, 1986, S. 21.

¹³⁶ Brede, H., *Bestimmungsfaktoren*, 1971, S. 111 oder Baumol, W. J., Bowen, W. G., *Arts*, 1966, S. 54. Heinrichs, Klein und Bendixen bestätigen auf der anderen Seite diese Effekte zwar, aber sie bestreiten, dass sie ausschlaggebend für die letztendliche Entscheidung sind; vgl. Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., *Kulturentwicklung*, 1999, S. 116.

so genannter „weicher Standortfaktor“ eine große Rolle für Standortentscheidungen spielt.¹³⁷ Damit wird das künstlerische Engagement einer Stadt zu einem Instrument in der Industriean-siedlungspolitik.

Ein weiteres, häufig vorgebrachtes, wirtschaftspolitisches Argument ist, dass Ausgaben in das Theater Arbeitsplätze und Nachfrage nach vorgelagerten Gütern und Dienstleistungen - bei-spielsweise im Ausstattungsbereich - schaffen. Dadurch wird in einem so genannten Multipli-katoreffekt die Nachfrage weiter stimuliert und es entstehen neue Steuereinnahmen.¹³⁸ Solf merkt dazu kritisch an, dass diese Effekte bei Ausgaben in produktive Betriebe leichter nach-weisbar seien. Damit stellt dieses Argument lediglich ein Hinweis darauf, dass die öffentli-chen Ausgaben nicht vollständig verpuffen, aber keine selbständige Legitimation für die Aus-gaben dar.¹³⁹

Penne und Shanahan stellen den Beitrag der Kunst in dem umfassenderen Rahmen der strate-gischen Entwicklung einer Stadt dar. Neben den bereits genannten Zielen führen sie an, dass ein Theater geeignet sein kann, die Gewerbestruktur in einem Stadtteil attraktiver zu gestalten und private Wohnungsbau- und Renovierungsinvestitionen anzulocken, wodurch die Stadttei-le erheblich aufgewertet werden können.¹⁴⁰

Bundesländer als Träger können auf ähnliche Art und Weise Strukturpolitik betreiben, indem sie eine strukturschwache Region beim Unterhalt eines Theaters unterstützen und analoge Effekte wie die innerhalb einer Stadt beschriebenen erzielen.

Andererseits verfolgen die Träger neben diesen eher wirtschaftspolitisch ausgerichteten auch stärker kultur- und sozialpolitisch motivierte Ziele.

Eng verwandt mit dem Ziel, Kunst zu schaffen, ist die gesellschaftliche Aufgabe, diese Kunst der Bevölkerung zugänglich zu machen.¹⁴¹ Daneben gilt es auch, die Kultur zu erhalten und zu erneuern, um auch die Versorgung zukünftiger Generationen zu gewährleisten.¹⁴² Der Beg-

¹³⁷ Hummel, M., Waldkircher, C., Kulturfinanzierung, 1990, S. 20-22.

¹³⁸ Taubmann, W., Behrens, F., Auswirkungen, 1986, S. 47 und Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 32, Vergleiche zu einer ausführlichen und gut dokumentierten Herleitung eines Multiplikators für Ausgaben in öffentliche Theater Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 222-271 sowie die dort angegebene Literatur.

¹³⁹ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 8.

¹⁴⁰ Penne und Shanahan zeigen das an Beispielen amerikanischer Städte; vgl. Penne, L., Shanahan, J. L., Role, 1987, S. 145-149.

¹⁴¹ Kommunale Gemeinschaftsstelle zur Verwaltungsvereinfachung, Führung, 1989, S. 23, Ossadnik, W., Theatermanagement, 1987, S. 146 und Hoffjan, A., Effizienzvergleiche, 1994, S. 294. Horlacher unter-scheidet zwischen den Funktionen, durch die Subventionierung der Theaterpreise, allen den Zugang zum Theater zu ermöglichen und der Funktion, die Präferenzen der Zuschauer zu Gunsten des Konsums von kulturell höherwertigen Dienstleistungen zu beeinflussen; vgl. Horlacher, F., Kultursubventionen, 1984, S. 51-52.

¹⁴² Horlacher, F., Kultursubventionen, 1984, S. 52, Sandberg, B., Marktsegmentierung, 1995, S. 11, Bayón-Eder, T., Burgtorf, P., Notwendigkeit, 1994, S. 116 und Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 91.

riff „das kulturelle Erbe pflegen und weitergeben“¹⁴³ trägt dabei nur dem ersten Teil dieser Forderung Rechnung. Besser ist da der Begriff: „Stetigkeit der Veränderung“¹⁴⁴, der andeutet, dass es natürlich nicht das Ziel ist, einen Bestand an Kultur zu konservieren, sondern eine fortwährende Auseinandersetzung mit und Fortentwicklung von künstlerischen Formen und Inhalten zu ermöglichen.

Das Theater übernimmt die Ausbildung von künstlerischem Nachwuchs, indem es Aufgaben an junge Schauspieler und Regisseure übergibt, die nach ihrer Ausbildung auch dem nicht-staatlichen Bereich und dem Ausland zu Verfügung stehen.¹⁴⁵ So übernimmt das Theater Risiken, die kommerzielle Theater nicht eingehen können oder wollen. Das gilt in gleichem Maße für das Experimentieren mit neuen Formen oder Mitteln des Theaters, die, wenn sie sich als wirksam erweisen, von privaten Theatern oder von der Filmindustrie übernommen werden können.¹⁴⁶ Auch außerhalb des Theaters gilt die Bühnenkunst als Innovationsmotor, der geeignet ist, die Kreativität der Zuschauer anzuregen¹⁴⁷ und dem sogar Wachstumsimpulse auf volkswirtschaftlicher Ebene zugeschrieben werden.¹⁴⁸

Weiterhin erfüllt das Theater eine bildungspolitische Funktion, indem es einen Beitrag zur kulturellen Bildung und Entwicklung der Bevölkerung liefert¹⁴⁹ und damit die Schulen bei ihrer pädagogischen Funktion unterstützt.¹⁵⁰ Almstedt unterscheidet dabei die Vermittlung von Wissen und Werten, womit bereits angedeutet wird, dass das Theater über die Bildung hinaus eine wichtige Rolle für die Demokratie spielen kann.¹⁵¹

¹⁴³ Vergleiche die Ausführungen im Intendantenmustervertrag des DBV zitiert nach Martin, U., Typologisierung, 1999, S 31,

¹⁴⁴ Harth spricht sich für eine gleitende Weiterentwicklung der Inhalte und Stücke aus, damit auch konservative Publikumsschichten nicht durch eine Schockreaktion vertrieben werden; vgl. Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 251-252.

¹⁴⁵ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 76-78 oder Baumol, W. J., Bowen, W. G., Arts, 1966, S. 385.

¹⁴⁶ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 76-78. Throsby und Withers erwähnen, dass dieser Prozess auch in entgegengesetzter Richtung funktioniert; vgl. Throsby, C. D., Withers, G. A., Economics, 1979, S. 175-176.

¹⁴⁷ Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 81-83 dabei insbesondere S. 82.

¹⁴⁸ Andreae, C.-A., Keuschnigg, C., Kunst, 1982, S. 38 oder Hummel, M., Waldkircher, C., Kulturförderung, 1990, S. 10. Eine Quantifizierung dieser Effekte liegt aber nicht vor.

¹⁴⁹ „Als Instrument der Vermittlung von Wissen und Erfahrungen zielt das Theater darauf ab, im Sinne des klassischen Bildungstheaters tradierte Werte und Verhaltensregeln weiterzugeben“ vgl. Hoffmann, H., Kultur, 1979, S. 45; zitiert nach Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 35. Siede-Hiller spricht in diesem Zusammenhang von einem Bildungsauftrag; vgl. Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 153.

¹⁵⁰ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 27.

¹⁵¹ Almstedt, M., Controlling, 1999, S. 67 oder ähnlich Solf, der zwischen Bildung und Erziehung unterscheidet; vgl. Solf, G., Theatersubventionierung, 1993, S. 88-89. Speziell den erzieherischen Auftrag heben Silbermann und Fuchs hervor; vgl. Silbermann, A., Soziologie, 1979, S. 274 und Fuchs, H. J., Theater, 1988, S. 225-226. Den demokratisierenden Effekt heben insbesondere Hofmann und Glaser hervor; vgl. Hoffmann, H., Glaser, H., Theater, 1973, S. 471. Zusammenfassend nennt Harth verbesser-

„[Es] lässt sich ableiten, dass das Theater [...] einen ausgezeichneten Beitrag für die Orientierung des Menschen leisten kann. Es werden hierbei kulturelle Normen, Haltungen und Ideologien bestätigt, wodurch der Zuschauer befähigt wird – wie Silbermann schreibt – sich von antisozialen Impulsen, Beängstigungen und Frustrationen zu befreien, um einem Zustand der Sicherheit und Bedeutung zugeführt zu werden. Sozial gesprochen, werden durch das Theatererlebnis gewisse Ideale und Werte des Lebens gefördert und belebt, d. h. die fundamentalen Einrichtungen unserer Gesellschaft werden verstärkt und stabilisiert.“¹⁵²

Harth spricht in diese Zusammenhang von einer Kompensationsfunktion.¹⁵³ „Theater dient [...] der Befriedigung der Gesellschaft als Ersatz für Alltagsdefizite und damit zur Gesellschaftsstabilisierung durch Bewahrung der vorherrschenden Werthaltungen. Der zunehmende Verlust an erfahrbarer Sozialität in den traditionellen Gesellschaftsbereichen wie Familie oder Gemeinde und die wachsende Anonymität der Gesellschaft schlagen sich im Bedürfnis nach kollektiven Erlebnissen und nach mehr Kommunikation nieder, das durch Massenkommunikationsmittel und kommerzielle Freizeitangebote nicht vollständig ausgefüllt werden kann. Der Staat erschöpft sich daher nicht nur in der materiellen Vorsorge, sondern fördert unter anderem auch das Theater, damit die Künstler Situationen der Freude, der Anspannung oder des Leids „künstlich“ schaffen, die zur Kompensation der in der Massengesellschaft entstandenen privaten Defizite geeignet sind.“¹⁵⁴

Diesen Aspekt erweitert Fabel noch, der diesbezüglich zwischen den Funktionen der „Indikation und Antizipation“ und der „Kritik und Konstruktion“ unterscheidet.¹⁵⁵ Erstere beziehen sich darauf, dass das Theater geeignet ist, gesellschaftliche Entwicklungen vorauszuahnen, auf der Bühne zu reflektieren, der Bevölkerung bewusst zu machen und die öffentliche Diskussion darauf zu lenken: „Geht man [...] davon aus, dass Künstler besonders sensible Menschen sind, dann können sie also Missstände und Veränderungen jedweder Art besonders früh bemerken und darstellen, da das Theater auch Themen die (noch) nicht diskursiv formulierbar sind, präsentativ behandeln kann“.¹⁵⁶ Harth führt weiter aus, dass das Theater in dieser Hinsicht schneller als die wissenschaftliche (soziologische) Forschung ist, da die Wissenschaft in aller Regel erst an die Öffentlichkeit tritt, wenn sie gesicherte Erkenntnisse vorzuweisen

te Selbsterkenntnis, gesteigertes Selbstbewusstsein, vergrößertes soziales Verstehen, das Verständnis und Rücksichtnahme fördern soll, und größeres soziales Engagement als Wirkungen dieser Bildung; vgl. Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 41.

¹⁵² Silbermann, A., Aspekte, 1966, S. 180, zitiert nach Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 38.

¹⁵³ Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 42.

¹⁵⁴ Fuchs, H. J., Theater, 1988, S. 51-52, vergleiche auch Fabel, M., Controlling, 1999, S. 125 für eine ähnliche Darstellung.

¹⁵⁵ Fabel, M., Controlling, 1999, S. 124-128.

¹⁵⁶ Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 39. Fuchs bezeichnet das Theater deswegen als „Seismograph“ - vgl. Fuchs, H. J., Theater, 1988, S. 47 - Silbermann als „Spiegelbild“ der Gesellschaft; vgl. Silbermann, A., Kunstsoziologie, 1973, S. 173.

hat.¹⁵⁷

„Kritik und Konstruktion“ geht noch darüber hinaus. Mit dem Wort „Kritik“ wird dem Theater der Rang einer „moralischen Anstalt“ eingeräumt, die berechtigt ist, das Wort in Diskussionen um Werte innerhalb einer Gesellschaft zu ergreifen.¹⁵⁸ „Theater soll dabei aber nicht als Bildungstheater traditioneller Prägung verstanden werden, als ein Theater der kritiklosen Übernahme tradierter sittlicher oder moralischer Werte oder Verhaltensweisen, sondern als eine Stätte kulturellen und sozialen Lernens im Sinne emanzipatorischer Weiterbildung, als Ort, der Widersprüche bewusst machen und Ursachen aufdecken kann.“¹⁵⁹ Diese Vorstellung geht auf Lessing und Schiller zurück und wurde von Brecht und Piscator im episch-revolutionären Lehrtheater aufgegriffen, das den Wert eines Kunstwerkes von dessen gesellschaftsverändernden Relevanz abhängig macht.¹⁶⁰ Mit dem Wort „Konstruktion“ schließlich wird dem Theater die Fähigkeit zugesprochen, Utopien und Gesellschaftsentwürfe zu erschaffen und damit für die Umgestaltung der Gesellschaft nicht nur den auslösenden Impuls auszusenden, sondern auch von sich aus daran mitzuwirken.¹⁶¹

Lehmann und Schulz merken zu dieser Funktion des Theaters kritisch an, dass es durch den Empfang von staatlichen Subventionen und die häufig politisch motivierte Besetzung von Intendantenstellen zu stark mit dem System verwoben ist, um unabhängig und kritisch zu sein. Sie unterstellen, dass das Theater selbst zu einer Institution der Gesellschaft werden und dass sich ihm eine neue Avantgarde entgegenstellen wird.¹⁶²

In einer Umfrage¹⁶³, die von der Bochumer Ruhr-Universität in Zusammenarbeit mit der Rödl und Partner PMC durchgeführt wurde, bei der alle öffentlichen Theater Deutschlands angeschrieben wurden, wurde erhoben, welche Funktionen des Theaters als besonders wichtig gelten. Diese Funktionen sind mit den oben genannten nicht vollständig deckungsgleich, aber doch ähnlich genug, um einen Vergleich zuzulassen. Abbildung 10 macht deutlich, dass unter Ausnahme der „politischen/ aufklärenden Funktion“ die identifizierten Funktionen von den Theaterschaffenden auch als relevant angesehen werden.

¹⁵⁷ Harth, H.-A., *Publikum*, 1982, S. 39.

¹⁵⁸ Fabel, M., *Controlling*, 1999, S.126. Schitthelm nennt allerdings Gründe, warum Theater dieser Anforderung nicht immer gerecht werden; vgl. Schitthelm, J., ohne Titel, 1997, S. 32.

¹⁵⁹ Harth, H.-A., *Publikum*, 1982, S. 40 und Hoffmann, H., *Kultur*, 1979, S. 45-46.

¹⁶⁰ Fuchs, H. J., *Theater*, 1988, S. 31-35.

¹⁶¹ Fuchs, H. J., *Theater*, 1988, S. 48.

¹⁶² Lehmann, H. T., Schulz, G., *Kunst*, 1983, S. 437-438.

¹⁶³ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), *Studie*, 1996.

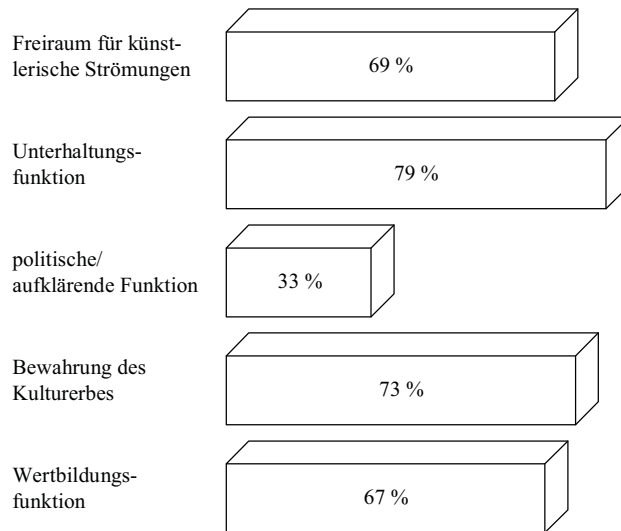


Abbildung 10: Relevanz ausgewählter Funktionen des Theaters¹⁶⁴

Die Beobachtung, dass sich viele Märkte seit dem zweiten Weltkrieg der Sättigung nähern oder bereits gesättigt sind, hat die Bemühungen um das Marketing stärker in den Mittelpunkt betriebswirtschaftlicher Betrachtung rücken lassen.¹⁶⁵

Die Anwendung des Marketings im Theater ist nicht unbestritten.¹⁶⁶ Marketing gilt als „unkünstlerisch“¹⁶⁷, „kommerziell“¹⁶⁸ und „stellt für 20% der Auskunftspersonen sogar ein negativ besetztes Reizwort dar, ein Synonym für die totale Vermarktung der Künste und die Degradierung des Theaters zur Ware“¹⁶⁹. Diese Vorbehalte beruhen laut Martin auf einer „verkürzten Sicht des (Absatz-) Marketing. Sie hält dem entgegen: „Eine Absage an die für das Marketing typische Kunden- und Zielgruppenorientierung fügt dem Theater langfristig Schaden zu, da es dann einzelne Segmente und Bevölkerungsgruppen nur ungenügend erreicht.“¹⁷⁰ Das heißt, dass Marketing nicht das Theater gefährdet, sondern langfristig sichert, denn, nur wenn ausreichend viele Zuschauer in die Vorstellungen kommen, kann das Theater seine künstlerische Wirkung entfalten und seinem öffentlichen Auftrag gerecht werden.¹⁷¹

¹⁶⁴ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 8.

¹⁶⁵ Diese Entwicklung wird als die Wandlung vom „Verkäufermarkt“ zum „Käufermarkt“ umschrieben; vgl. zu diesem Nieschlag, R., Dichtl, E., Hörschgen, H., Marketing, 1997, S. 9.

¹⁶⁶ Vergleiche beispielsweise Hasitschka, W., Musiktheater, 1994, S. 115 oder Günter, B., Marketing, 1993, S. 57.

¹⁶⁷ Waiderlich, J.-D., Marketing, 1989, S. 245.

¹⁶⁸ Pommerehne, W. W., Opernfestspiele, 1992, S. 231.

¹⁶⁹ Aus einer Befragung von 62 öffentlichen und 34 privaten Theatern; vgl. Müller-Wesemann, B., Brauneck, M., Öffentlichkeitsarbeit, 1992, S. 4.

¹⁷⁰ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 37.

¹⁷¹ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 42. Ein ähnliche Begründung findet sich bei Hilger, wo es heißt: „Theater muss jeden erreichen“; vgl. Hilger, H., Marketing, 1985, S. 126 und S. 92-111.

Die Wandlung zum Käufermarkt gilt auch für den Markt an Freizeitangeboten, auf dem das Theater tätig wird. Damit geht die konsequente Ausrichtung der Unternehmen auf die Bedürfnisse der Kunden einher. Zeitversetzt zu erwerbswirtschaftlichen Unternehmen hält diese Entwicklung auch in öffentlichen Unternehmen und Verwaltungen Einzug.¹⁷² Im Theater sollte es selbstverständlich sein, den Zuschauer in die Mittelpunkt der Betrachtung zu stellen, da Zuschauer ein konstitutives Element des Theaters darstellen.¹⁷³ Außer in den Metropolen und den Ballungszentren haben Theater in der Regel ein regionales Monopol, so dass zwar keine direkte Konkurrenz besteht, aber alternative Freizeitangebote wie Kinobesuche und Konzerte als nahe bzw. Fernsehen als ferne Substitute mit den Theatern um die Freizeit der Bevölkerung konkurrieren. Um in diesem Konkurrenzkampf zu bestehen, wird auch für Theater gefordert, das Produkt „Theaterbesuch“ stärker an den Bedürfnissen des Kunden auszurichten.¹⁷⁴

Eine hervorragende Stellung innerhalb der Wünsche des Publikums nimmt der nach Unterhaltung ein, wie eine Umfrage über die Motivation für den Theaterbesuch von Berger unterstreicht, bei der 71,56 % der Befragten angaben, dass Theater unterhaltsam sein muss.¹⁷⁵ Auch von Seiten der Theaterschaffenden wird die Wichtigkeit der Unterhaltung anerkannt, so sagt Brecht stellvertretend: „Seit jeher ist es das Geschäft des Theaters, wie aller andern Künste auch, das Publikum zu unterhalten. Dieses Geschäft verleiht ihm immer seine besondere Würde; es benötigt keinen anderen Ausweis als den Spaß, diesen freilich unbedingt. Keineswegs könnte man es in einen höheren Stand erheben, wenn man es etwa zu einem Markt der Moral machte; es müsste dann eher zusehen, dass es nicht gerade erniedrigt würde, was sofort geschähe, wenn es nicht das Moralische vergnüglich, und zwar den Sinnen vergnüglich machte – wovon das Moralische allerdings nur gewinnen kann.“¹⁷⁶

Bei der Anpassung des Angebotes an diesen Wunsch nach Unterhaltung ist darauf zu achten, dass die Orientierung an den Kunden nicht - wie vielfach befürchtet¹⁷⁷ - zu Lasten anderer Ziele wie der Kunst oder des öffentlichen Auftrags geht, also dass es zu keiner Verflachung des Angebots kommt.

Um diesen Zwiespalt zu überwinden schlägt Hilger eine Doppelstrategie vor, zuerst durch stärker unterhaltungsorientierte Stücke Zuschauer in das Theater zu locken und diese Zuschauer später an kompliziertere Stücke heranzuführen.¹⁷⁸ Da fortwährend neue Zuschauer für

¹⁷² Frahm, J., Kölbl, T., Aspekte, 1989, S. 169.

¹⁷³ Vergleiche die Ausführungen zum Sachziel öffentlicher Theater, S. 18 oder Bolwin, R., Theatermarketing, 1994, S. 85, Revermann, K. H., Theater, 1985, S. 9 oder Piscator, E., Theater, 1978, S. 32.

¹⁷⁴ Günter, B., Marketing, 1993, S. 56-63 oder Bauer, H. H., Herrmann, A., Huber, F., Produktgestaltung, 1996, S. 313-323.

¹⁷⁵ Berger, S., Interesse, 1977, S. 59-60 zitiert nach: Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 92.

¹⁷⁶ Brecht, B., Organon, 1960, S. 131 zitiert nach: Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 42.

¹⁷⁷ Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 153, Bolwin, R., Theatermarketing, 1994, S. 80 oder Andreasen, A., Marketing, 1985, S. 17.

¹⁷⁸ Hilger, H., Marketing, 1985, S. 141.

das Theater gewonnen werden sollen, müssen beide Phasen immer gleichzeitig vom Spielplan unterstützt werden, d. h. er muss Stücke von unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad enthalten. Neben der Gefahr der Verflachung nennt Almstedt noch weitere Gründe warum der Gedanke der Kundenorientierung sich nur langsam im Theater durchsetzt:¹⁷⁹

- Die Einnahmen aus dem Verkauf der Tickets machen nur einen kleinen Anteil an den Gesamteinnahmen aus, so dass das Theater von der Kontrolle durch den Markt abgekoppelt ist.
- Die Überzeugung, dass sich gutes Theater sein Publikum selbst schafft, kann ebenfalls dazu führen, die Bedürfnisse des Publikums nicht genug in die Entscheidungen einbeziehen.
- Kundenorientierung kann auch daran scheitern, dass Theaterschaffende zu Unrecht annehmen, dass sie ihre Kunden bereits kennen. Denn häufig liegen nur Informationen über die tatsächlichen Besucher vor und nicht über Nichtbesucher, die womöglich noch zum Theaterbesuch motiviert werden könnten. Im Extremfall entstehen die Vermutungen über die Bedürfnisse der Kunden aus Gesprächen auf Einführungsmatinee oder anderen Zusatzveranstaltungen, bei denen eigentlich nicht davon ausgegangen werden darf, dass sie ein repräsentativer Ausschnitt des Publikums besucht.
- Schließlich wird die Forderung nach Kundenorientierung als Widerspruch zur Kunstfreiheit rundheraus abgelehnt.

Pröhl fordert, nicht ausschließlich die Bedürfnisse der Kunden zu betrachten, sondern als zusätzliche Zielkomponente für Kulturinstitutionen eine stärkere Mitarbeiterorientierung aufzunehmen, die zu einer Steigerung der Motivation und daraus resultierend zu höherem Kostenbewusstsein und zu höherer Qualität führen soll.¹⁸⁰ Eine Forderung, die dadurch untermauert wird, dass die Theaterschaffenden an den üblichen Zunahmen der Reallöhne kaum teilnehmen konnten und insbesondere die Schauspieler sich nur geringer sozialer Absicherung erfreuen.¹⁸¹ Neben tariflichen¹⁸² Änderungen, die hier nicht weiter verfolgt werden sollen, werden Maßnahmen zur Erhöhung der Mitbestimmung vorgeschlagen.¹⁸³ Da sich die Maßnahmen zur Erreichung dieses Zieles nicht deutlich von denen im nicht kulturellen Bereich unterscheiden,

¹⁷⁹ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 53-54.

¹⁸⁰ Pröhl, M. (Hrsg.), Strukturen, 1997, S. 6.

¹⁸¹ Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 33.

¹⁸² Almstedt beschreibt neun Gruppen, die nach unterschiedlichen tariflichen oder außertariflichen Verträgen am Theater beschäftigt werden. Es ist offensichtlich, dass dadurch Vertragsgestaltungen und Tarifverhandlungen sehr komplex werden; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 35-37 und die Literatur aus Fußnote 39. Röger zeigt die Schwierigkeiten auf, die einer Vereinfachung des Tarifsystems entgegenstehen, Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 179.

In dieser Arbeit soll dieser Aspekt nur insofern betrachtet werden, insofern er Einfluss auf die Spielplangestaltung hat.

¹⁸³ Zu einer ausführlichen Diskussion der künstlerischen Mitsprache als Bestandteil der Kunstfreiheitsgarantie vgl. Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 189-281.

sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Den künstlerischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen, die mit dem Betrieb eines Theaters einhergehen, steht gegenüber, dass die Finanzsituation vieler Länder und Gemeinden angespannt ist. Daraus ergibt sich der Zwang, mit den Haushaltsmitteln zu sparen. Dabei rücken Theater- und Kulturausgaben häufig in den Blickpunkt der Diskussion, weil sie als freiwillige Leistungen angesehen werden.¹⁸⁴

Tatsächlich ist diese Ansicht nicht unumstritten. Da diese Frage im Angesicht von Haushaltskrisen und Sparmaßnahmen von einiger Bedeutung für die Theater ist, sei an dieser Stelle ein Exkurs über die staatliche Verpflichtung zur Theatersubventionierung erlaubt.

Artikel 5 Absatz 3 des Grundgesetzes lautet: „Kunst und Wissenschaft, Forschung und Lehre sind frei.“¹⁸⁵ Aus diesem Bekenntnis zur Kunst als verfassungsrechtlich geschütztem Rechtsgut wird von einigen Autoren auf eine Verpflichtung des Staates zur Unterstützung geschlossen.¹⁸⁶ Noch weiter gehen Schmidt-Bleibtreu und Klein, die darin sogar ausdrücklich eine Garantie der Rechtseinrichtung entsprechender Institutionen wie einem Theater sehen.¹⁸⁷ Neben diesen Grundgesetzartikel, aus dem die Verpflichtung allenfalls indirekt abgelesen werden kann, ist mit dem Artikel 35 Absatz 1 des Einigungsvertrages ein direktes Bekenntnis zum Kulturstaat getreten: „[...] Stellung und Ansehen eines vereinigten Deutschlands in der Welt hängen außer von seinem politischen Gewicht und seiner wirtschaftlichen Leistungskraft ebenso von seiner Bedeutung als Kulturstaat ab.“¹⁸⁸

In der föderalen Arbeitsteilung der Bundesrepublik sind für Kunst und Kultur an erster Stelle die Länder und Gemeinden zuständig. Deswegen ist es nicht verwunderlich, dass die konkreten Aussagen zur Kulturarbeit in Landesverfassungen und Gemeindeordnungen zu finden sind. So heißt es beispielsweise in §10 Absatz 2 der Gemeindeordnung von Baden-Württemberg: „Die Gemeinde schafft in den Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit die für das wirtschaftliche, soziale und kulturelle Wohl ihrer Einwohner erforderlichen öffentlichen Einrichtungen.“¹⁸⁹ Durch den einschränkenden ersten Satzteil wird deutlich, dass der Gesetzgeber die Formulierungen so gewählt hat, dass keine konkreten Zahlungsverpflichtung entsteht.¹⁹⁰ Eine Ausnahme ist das sächsische Kulturraumgesetz, das Kulturpflege zur staatlichen Pflichtaufgabe macht.¹⁹¹ Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sehr wohl eine generelle Verpflichtung zur Unterstützung von Kunst und Kultur besteht, aber dass die Länder und Gemeinden in aller Regel genug Spielraum haben, um Einsparungen in ihren

¹⁸⁴ Vergleiche beispielsweise Hoffmann, H., Glaser, H., Theater, 1973, S. 470.

¹⁸⁵ Ohne Verfasser, Grundgesetz, 2001.

¹⁸⁶ Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 68, Hilger, H., Marketing, 1985, S. 31 und Hoffmann, H., Kultur, 1979, S. 27.

¹⁸⁷ Schmidt-Bleibtreu, B., Klein, F., Kommentar, 1999, S. 234.

¹⁸⁸ Ohne Verfasser, Vertrag, 1990.

¹⁸⁹ Zitiert nach Hilger, H., Marketing, 1985, S. 31.

¹⁹⁰ Fabel, M., Controlling, 1999, S. 151.

¹⁹¹ Thieme, W., Kulturverwaltungsrecht, 1994, S. 499.

Kulturhaushalten vorzunehmen, so dass die ursprünglich genannten Ausgaben wenigstens in der bestehenden Höhe als freiwillig gelten können.¹⁹²

Auf jeden Fall gilt: „Theater sind mit öffentlichen Mitteln unterhaltene Betriebe. Sie haben - wie jede mit öffentlichen Mitteln geförderte oder unterhaltene Institution - die Pflicht, mit denen ihnen zur Verfügung gestellten Mitteln wirtschaftlich umzugehen.“¹⁹³ Die Gebote der sparsamen Haushaltsführung aus dem Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG): „Bei Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplans sind die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten“¹⁹⁴ und „Ausgaben dürfen nur soweit und nicht eher geleistet werden, als sie zur wirtschaftlichen und sparsamen Verwaltung erforderlich sind.“¹⁹⁵, rücken vor dem Hintergrund der Finanzkrise¹⁹⁶ der öffentlichen Haushalte noch stärker in das Zentrum der Betrachtung. Bei Stein „wird das Theater als eine organisatorische Einheit betrachtet, die Kultur produziert und wie jeder andere Wirtschaftsbetrieb geführt werden muss.“¹⁹⁷ Etwas zurückhaltender wird der Auftrag in einem Gutachten der kommunalen Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung formuliert, die „ein wirtschaftlicheres Verhalten des Theaters in Angemessenheit zum künstlerischen Auftrag und zu den übrigen öffentlichen Aufgaben bewirken“¹⁹⁸ will. Noch deutlicher äußert sich Pröhl, die hervorhebt, „dass Wirtschaftlichkeit in dem [...] Zielkonzept eine Dimension und nicht alleiniges Kriterium für die Zielerreichung eines Theaters [darstellt]. Theater nur aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu betrachten, würde nahe legen, Theater zu schließen.“¹⁹⁹

Almstedt²⁰⁰ betont, dass es sich beim Ziel der Wirtschaftlichkeit um das Maximumprinzip handelt, d. h. bei gegebenem Budget ein Maximum an Wirkung zu erzielen. Tatsächlich ist diese Auffassung nur für Theater, die als Regiebetrieb in seiner reinen Form geführt werden, sinnvoll. Dann sind dem Theater nämlich strenge Vorgaben in Form von Obergrenzen für Personal- und Sachkosten und ein Einnahmesoll vorgegeben. Wenn keine Möglichkeit besteht, eventuelle Einsparungen in das Folgejahr oder auf andere Verwendungsmöglichkeiten zu übertragen, existiert auch kein Anreiz, mögliche Einsparungen vorzunehmen.²⁰¹ Aus die-

¹⁹² Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 69.

¹⁹³ Pröhl, M., Strukturen, 1995, S. 44.

¹⁹⁴ § 6 Abs. 1 HGrG; vgl. ohne Verfasser, Gesetz, 1997, vergleiche dazu auch die Ausführungen bei Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 54.

¹⁹⁵ § 19 Abs. 2 HGrG; vgl. ohne Verfasser, Gesetz, 1997. Zu diesen Grundsätzen verpflichten sich Intendanten laut § 2 Abs. 1 i. V. m. § 6 Abs. 1 IMV; zitiert nach Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 54. Stein fasst die Rechtsquellen und die unterschiedlichen Ausgestaltungen der Verpflichtung zur wirtschaftlichen Betriebsführung der Theater in Abhängigkeit von ihrer Rechtsform umfassend zusammen; vgl. Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 34 und S. 54.

¹⁹⁶ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 4-5.

¹⁹⁷ Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 2.

¹⁹⁸ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 25.

¹⁹⁹ Pröhl, M., Strukturen, 1995, S. 44.

²⁰⁰ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 55.

²⁰¹ Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 71-72 und Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 22.

sem Grund wird gefordert, höhere Flexibilität in den Vereinbarungen zwischen Träger und Theater zu schaffen. Häufig wird damit die Forderung nach dem Übergang von dem kameralistischen Rechnungswesen zur doppelten Buchführung²⁰² und dem zu der Rechtsform der GmbH²⁰³ verbunden. Ersterer soll die Transparenz der Rechnungslegung erhöhen. Zusammen gelten diese beiden Maßnahmen nach vorherrschender Meinung als Grundvoraussetzung, wirtschaftliches Denken und Handeln stärker in den Theatern zu verankern.²⁰⁴

Ansätze zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit können in der Erhöhung der Einnahmen durch höhere Umsätze liegen, was wiederum durch eine höhere Auslastung oder höhere Preise zu erreichen ist. Der Steigerung der Auslastung sind Grenzen gesetzt. Viele Theater sind zu den attraktiven Zeiten bereits ausverkauft. Eine deutliche Steigerung unter der Woche und am Nachmittag gilt als unwahrscheinlich.²⁰⁵ Der Spielraum bei der Preisgestaltung ist ebenfalls gering. Aus sozialen Gründen sind kostendeckende Preise nicht erwünscht und i.d.R. beim Träger genehmigungspflichtig.²⁰⁶ Dabei zeigen Experimente in Mannheim, dass maßvolle Preissteigerungen vom Publikum angenommen werden. Bei einer sozialen Abfederung - wie ausschließlich einen Aufschlag auf Premieren oder auf die teuren Plätze - steht einer geringen Preiserhöhung auch nichts entgegen. Außerdem gewinnt das Erschließen weiterer Einnahmequellen wie des Kultursponsorings²⁰⁷, der Idee des Business Theatres²⁰⁸ oder der Vermarktung von Nebenleistungen²⁰⁹ an Bedeutung.

Auf der anderen Seite werden Maßnahmen zur Senkung der Kosten diskutiert. Im Mittelpunkt stehen dabei Kooperationen zwischen Theatern verbunden mit dem Zusammenlegen von Kapazitäten wie dem Ballett oder einzelner Werkstätten bis hin zu Fusionen von ganzen Theatern. Die Schwierigkeiten dieser Vorschläge liegen darin, dass der Kommunikations-, der Koordinations- und der logistische Aufwand hoch sind und nur schwer genau antizipiert wer-

²⁰² Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 222-225 und die dort angegebene Literatur.

²⁰³ Vergleiche beispielsweise Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 170, und Beutling, L., Controlling 1993, S. 32-33. Darauf, dass eine neue Rechtsform allein kein flexibles und adäquates Planungssystem garantiert, weist Schuchardt hin; vgl. Schuchardt, H., GmbH, 1997, S. 28-29. Frahm und Kölbl berichten ebenfalls von Problemen mit der Umwandlung in eine GmbH; vgl. Frahm, J., Kölbl, T., Aspekte, 1989, S. 163-174.

²⁰⁴ Vergleiche beispielsweise Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 55-59.

²⁰⁵ Laut Solf beläuft sich die Platzausnutzung über 20 Jahre relativ konstant auf ungefähr 80 %; vgl. Solf, G., Theatersubvention, 1993, S. 17-18.

²⁰⁶ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 32-33, Ruzicka, P., Musiktheater, 1994, S. 261, Braun, G. E., Töpfer, A., Ansatzpunkte, 1989, S. 18.

²⁰⁷ Lippert, W., Guggenheim, 1996, S. H4 und Altschul, K., Marke, 1995, S.106-109.

²⁰⁸ Beim Business Theatre lassen Unternehmen ihren Mitarbeitern neue Strategien oder die Unternehmensphilosophie mit Hilfe eines speziell für diesen Anlass geschriebenen Theaterstückes näher bringen; vgl. Mosch, M., Theater, 1996, S. 52, Stippel, P., Volk, 1995, S. 19.

²⁰⁹ Zu denken ist da an Kostümverleih oder an bezahlte Führungen.

den können.²¹⁰ Abbildung 11 zeigt die Eignung verschiedener Bereiche zur Kooperation gemäß einer Studie der Rödl und Partner PMC.²¹¹

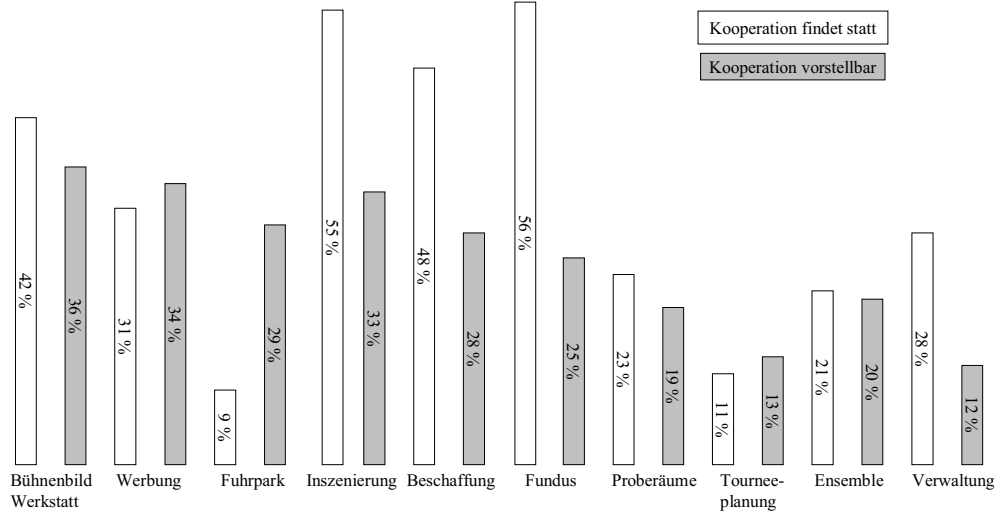


Abbildung 11: Eignung verschiedener Bereiche zur Kooperation²¹²

Da ein nicht unwesentlicher Anteil der Kosten während des Inszenierungsprozesses anfällt, scheint es sinnvoll, die Anzahl der Vorführungen einer Inszenierung zu erhöhen. Über Gastspielreisen kann ein weiteres Publikum erreicht werden. Im Gegenzug können Gastspiele im eigenen Spielplan die Anzahl notwendiger Inszenierungen reduzieren. Aber nicht jedes Stück eignet sich als Gastspiel. Die Kulissen sind teilweise sehr genau auf eine Bühne zugeschnitten oder nur schwer zu transportieren. Wenn viele Schauspieler oder Musiker mitwirken, kann ein Gastspiel erheblichen Reiseaufwand hervorrufen. Schließlich müssen die Spielpläne der beteiligten Theater aufeinander abgestimmt werden.²¹³ Daneben bestehen Vorschläge, die Eigenfertigung zugunsten von teilweisen Fremdvergaben zu Spitzenbelastungszeiten bis hin zum vollständigem Outsourcing von Betriebsteilen zu reduzieren. Während diese Vorschläge für wenig spezifische Leistungen, wie die Wäscherei, die Pausengastronomie und den Kartenvorverkauf relativ einfach erscheinen, sind diese Maßnahmen in Kernbereichen umstritten. Beispielsweise wird gegen die häufig vorgeschlagene Ausgliederung von Werkstätten hervorgebracht, dass externe Unternehmen nicht das notwendige Maß an Interaktivität mit dem Regisseur und dem Bühnenbildner gewährleisten können, wie das eine Werkstätte, die direkt am Ort ist, kann.²¹⁴ Abbildung 12 zeigt die Akzeptanz für das Outsourcing verschiedener Teilleis-

²¹⁰ Zum Problem der Kooperation zwischen Theatern; vgl. Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 68-74, Harth, H.-A., Publikum, 1982, S. 230 und Siedehiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 167-178.

²¹¹ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 34.

²¹² Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 34.

²¹³ Diese Problematik wurde im Zusammenhang mit der Diskussion der Betriebsformen bereits eingehender untersucht; vgl. S. 13.

²¹⁴ Zum Problem des Outsourcing von betrieblichen Teilleistungen vgl. Hilger, H., Marketing, 1985, S. 102 oder Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 66-68.

tung.

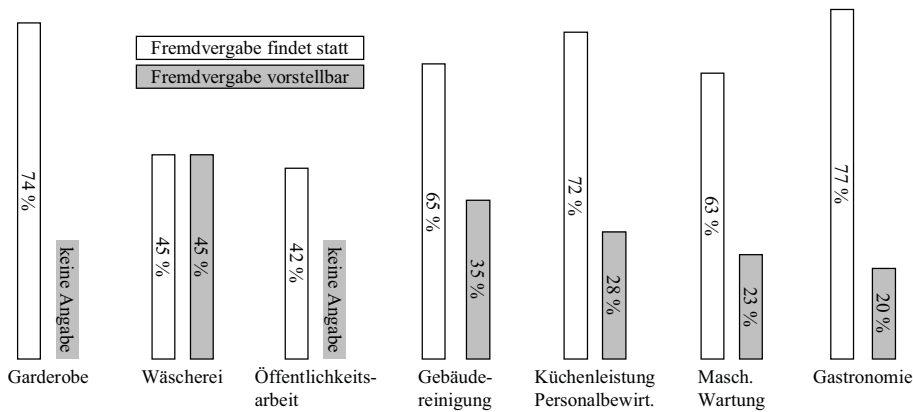


Abbildung 12: Eignung verschiedener Teilleistungen zum Outsourcing²¹⁵

Zusammenfassend soll die Eignung der genannten Maßnahmen als „Ansatzpunkte zur Strukturreform“²¹⁶ gemäß der oben genannten Studie in Abbildung 13 aufgeführt werden.

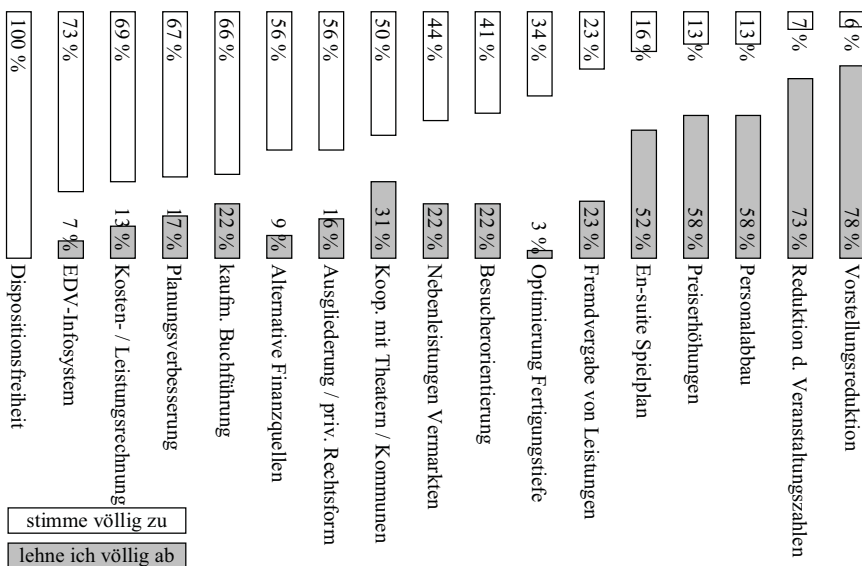


Abbildung 13: Ansatzpunkte für eine Strukturreform in Theatern²¹⁷

2.2.2 Zielklassifikation

Die Zielklassifikation dient der Ordnung der identifizierten Ziele in einem Zielsystem. Sie kann entlang der Unterscheidung in Sach- und Formalziele, nach Zielkonflikten, nach Wichtigkeit und nach Über- und Unterordnung erfolgen.²¹⁸

Sach- und Formalziele sind bereits separat identifiziert worden, so dass hier eine erneute Un-

²¹⁵ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 35.

²¹⁶ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 36.

²¹⁷ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 36.

²¹⁸ Heinen, E., Industriebetriebslehre, S. 35.

terscheidung entfallen kann. Zielkonflikte und Zielbewertungen lassen sich nicht pauschal für alle Theater ermitteln, sondern müssen im konkreten Fall von Entscheidungsträgern erkannt werden.²¹⁹ Darauf wird an späterer Stelle noch detailliert eingegangen.²²⁰

Es existieren verschiedene Ansätze in der Literatur, die Ziele der öffentlichen Theater in einem Gesamtzielsystem aus Ober- und Unterzielen zu erfassen.

Konermann fasst die Ziele nach Personengruppen gegliedert zusammen. Die Ziele gliedern sich dann auf oberster Ebene in:

- Interessen des Publikums,
- Interessen des Theaterpersonals und
- Interessen der Träger.²²¹

Günter gliedert nach inhaltlichen Gesichtspunkten in:

- Spielraum für künstlerische Impulse und Selbstverwirklichung,
- Ansprache einer breiten Öffentlichkeit (sozialpolitisch motivierte Bedarfsdeckung),
- Bildung, Unterhaltung und Pflege des kulturellen Erbes,
- Beitrag zur Standort- und Lebensqualität und
- Wirtschaftlichkeit.²²²

Pröhl vermerkt diese beiden Gliederungskriterien zu:

- gesellschaftlicher Auftrag,
- Wirtschaftlichkeit,
- Kundenzufriedenheit und
- Mitarbeiterzufriedenheit.²²³

Zu dieser Aufteilung ist zu erwähnen, dass dieses Zielsystem nicht nur für Theater, sondern auch zur Bewertung von anderen Institutionen im Kulturbereich herangezogen wird.²²⁴

Almstedt schließlich gliedert auf oberster Ebene in:

- die Verwirklichung von Kunst (Kunst),
- die Erfüllung des öffentlichen Auftrags (öffentlicher Auftrag),
- die Berücksichtigung der Publikumsbedürfnisse (Publikumsbedürfnisse) und
- die wirtschaftliche Realisierung des Sachzieles (Wirtschaftlichkeit).²²⁵

Da die Gliederung nach Personengruppen und nach inhaltlichen Gesichtspunkten gleichrangig nebeneinander stehen können, soll an dieser Stelle auf eine Entscheidung zugunsten einer dieser Aufteilungen verzichtet werden. Stattdessen soll mit Hilfe einer exemplarischen Ein-

²¹⁹ Almstedt identifiziert allerdings potenzielle Konfliktherde zwischen den von ihm ermittelten Oberzielen; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 58-61.

²²⁰ Der Umgang mit Zielkonflikten wird in Kapitel 3.2.1 vertieft, die Bewertung der Einzelziele wird im Zuge der Alternativenbewertung im Planungsprozess in Kapitel 2.4.5 diskutiert.

²²¹ Konermann, B., Theater, 1986, S. 48.

²²² Günter, B., Zuschauer, 1995, S. 27.

²²³ Pröhl, M. (Hrsg.), Strukturen, 1995, S. 43.

²²⁴ Pröhl, M. (Hrsg.), Strukturen, 1997, S. 9.

²²⁵ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 49.

gliederung einiger der identifizierten Ziele in eine zweidimensionale Matrix eine gleichzeitige Zuordnung der einzelnen Unterziele nach beiden Kriterien durchgeführt werden. Abbildung 14 zeigt diese Matrix.

Personengruppe: Inhalt:	Zuschauer	Theaterträger	Theaterschaffende
künstlerisch/ kulturell	<ul style="list-style-type: none"> • Anregung/ Erbauung • soziales Ereignis • Unterhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung kulturellen Erbes • Vermittlung von Bildung und demokratischer Erziehung 	<ul style="list-style-type: none"> • Freiraum zur künstlerischen Entfaltung
sachlich	<ul style="list-style-type: none"> • angenehmes Ambiente • gute Verkehrsanbindung • Pausengestaltung u. -gastronomie 	<ul style="list-style-type: none"> • Standortattraktivität • Imagegewinn • Innovationsimpulse 	<ul style="list-style-type: none"> • angenehme Arbeitsbedingungen
wirtschaftlich	<ul style="list-style-type: none"> • angemessene Preisgestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • sparsame Unternehmensführung • Nachfrageimpulse 	<ul style="list-style-type: none"> • faire Arbeitsentlohnung • Sicherheit des Arbeitsplatzes

Abbildung 14: Zielkriterien für öffentliche Theater

Wenn von den „Bedürfnissen der Theaterschaffenden“ abstrahiert wird, die sich unter Ausnahme von der künstlerischen Selbstverwirklichung nicht von der anderer Unternehmen unterscheiden, macht die Abbildung 15 deutlich, dass die vier von Almstedt gewählten Oberziele alle identifizierten Ziele abdecken. Diese Aufteilung steht also nicht im Widerspruch zu der Aufteilung Almstedts, sondern stellt eine Präzisierung dar. Einige Felder der Matrix beinhalten aber Zielelemente von zwei Oberzielen, beispielsweise haben Zuschauer den Wunsch, Kunst zu erleben, wodurch das Feld oben links zu den Oberzielen Kunst und Publikumsbedürfnisse gehört.

Personengruppe:	Zuschauer	Theaterträger	Theaterschaffende
Inhalt:			
künstlerisch / kulturell	Kunst		
sachlich	Publikums- bedürfnisse	öffentlicher Auftrag	Bedürfnisse der Theaterschaffenden (nicht berücksichtigt)
wirtschaftlich			
	Wirtschaftlichkeit		

Abbildung 15: Zusammenhang unterschiedlicher Zielgliederungen

Einen gänzlich anderen Weg wählt Fabel, der die Ziele der öffentlichen Theater auf einen Satz verdichtet angibt als: „Effiziente Entfaltung vielfältiger künstlerischer *Qualität* des Theaters um seiner selbst willen unter Berücksichtigung aktueller oder künftiger *Resonanz*.“²²⁶

Aus diesem Satz werden die Teilziele Effizienz, Vielfalt, Qualität und Resonanz abgeleitet, die jeweils wieder unterteilt und mit Maßkriterien versehen werden. Die Effizienz findet bei Almstedt ihren Ausdruck in wirtschaftlichen Kennzahlen und die Resonanz in Zuschauerzahlen und Auslastungsgraden. Vielfalt und Qualität treten an weniger prominenter Stelle unter den künstlerischen und als Teil der Leistungsmessung unter den wirtschaftlichen Teilzielen auf. Von Almstedts Oberzielen fehlt der öffentliche Auftrag bei Fabel vollständig.

Vorteilhaft an dieser Vorgehensweise ist, dass das Zielsystem sehr griffig angegeben werden kann. Allerdings deckt Fabels Klassifizierung lediglich einen Teilbereich der in Kapitel 2.2.1 identifizierten Ziele ab. Deswegen soll dieser Ansatz nicht weiter verfolgt werden.

Ein in der betrieblichen Realität weit verbreiteter Ansatz²²⁷ zur Ordnung von Zielsystemen ist die Balanced Scorecard.²²⁸ Dort werden als vier Dimensionen finanzwirtschaftliche, kunden- bzw. marktorientierte, prozessorientierte und lern- bzw. mitarbeiterorientierte Ziele unterschieden. Damit kann ein Unternehmen offensichtlich differenzierter bewertet werden, als mit allein finanzwirtschaftlichen Zielen. Berens, Karlowitsch und Mertes erweitern diesen Ansatz, um ihn auf nicht erwerbswirtschaftlich orientierte Unternehmen anzupassen.²²⁹ Sie unterscheiden sechs Dimensionen, die in Abbildung 16 dargestellt sind. Davon sind die „finanzielle Perspektive“ und die „Perspektive der internen Prozesse“ direkt aus der ursprünglichen Version übertragen. Die „Perspektive der Mitarbeiter“ und die „Perspektive zum Lernen und Entwickeln“ nehmen die mitarbeiterorientierten Ziele auf. Die marktorientierten Ziele werden

²²⁶ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 165 (Hervorhebung durch den Verfasser).

²²⁷ 60% der Fortune 1000 Unternehmen der USA arbeiten oder experimentieren mit der Balanced Scorecard; vgl. Weber, J., Schäffer, U., Scorecard, 1998, zitiert nach Picot, A., Reichwald, R., Wigand, R. T., Unternehmung, 2001, S. 574.

²²⁸ Balanced Scorecard (englisch für: ausgewogene Punktekarte) wegen der ausgewogenen Mischung aus finanzwirtschaftlichen und anderen Kennzahlen. Zur Balanced Scorecard vgl. Kaplan, R. S., Norton, D., Scorecard, 1997.

²²⁹ Berens, W., Karlowitsch, M., Mertes, M., Balanced Scorecard, 2000, S. 23-28.

ersetzt durch die „Perspektive der Leistungserbringung“ und die „Perspektive der Leistungswirkung“. Die letztere Trennung erleichtert eine differenzierte Betrachtung von Output und Wirkung des Outputs auf die Kunden. Übergeordnet steht analog zu der ursprünglichen Auffassung eine Mission.

Diese Anlehnung an die Balanced Scorecard, hat den Vorteil, dass eine in der Praxis erprobte und anerkannte Grundlage existiert. Dadurch sollte es leichter fallen, die notwendige Akzeptanz für ihre Einführung zu gewinnen. Bei der Übertragung dieses Konzeptes auf ein öffentliches Theater müssen aber insbesondere die Perspektiven, die sich von der ursprünglichen Konzeption unterscheiden, noch mit Leben gefüllt werden. Berens, Karlowitsch und Mertes liefern dazu keine konkreten Vorschläge, so dass diese erweiterte Scorecard hier nicht weiter verfolgt werden soll.

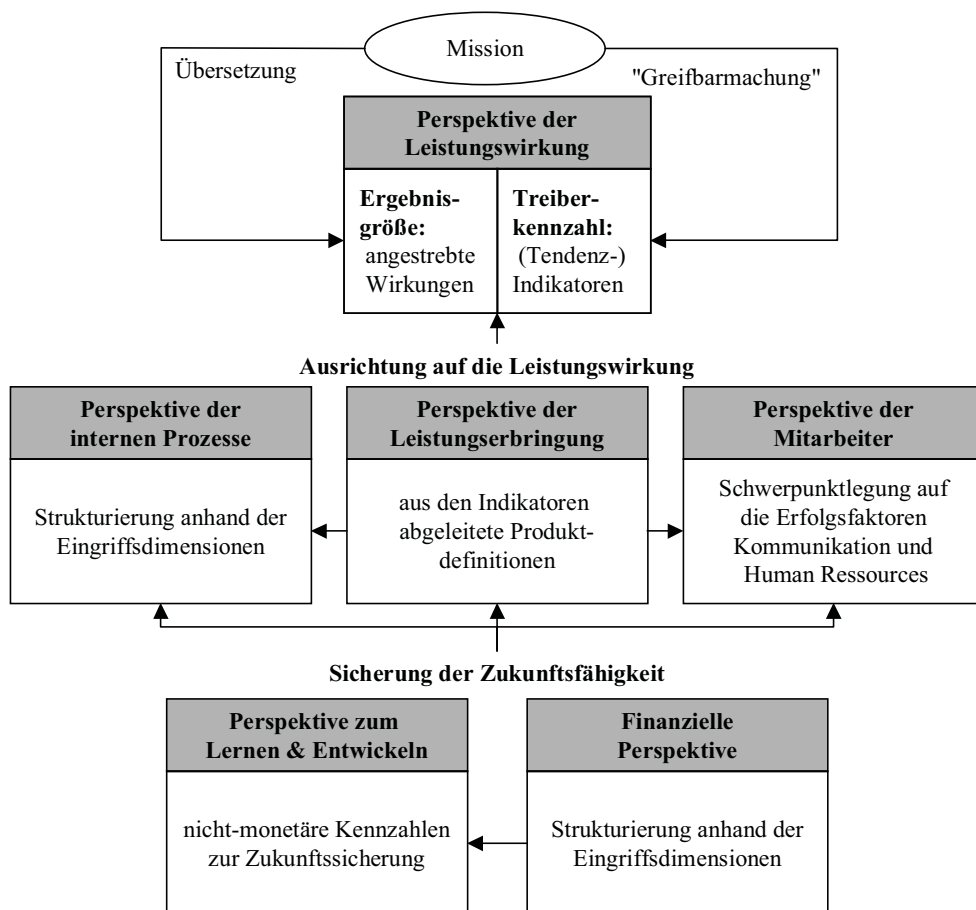


Abbildung 16: Die Balanced Scorecard für Non-profit-Unternehmen²³⁰

Da Almstedts Gliederung die höchste Vollständigkeit aufweist und vier Oberziele leichter zu handhaben sind als eine Kombination aus zwei Gliederungskriterien, soll im Folgenden die Abgrenzung in Kunst, öffentlicher Auftrag, Publikumsbedürfnisse und Wirtschaftlichkeit he-

²³⁰ Berens, W., Karlowitsch, M., Mertes, M., Balanced Scorecard, 2000, S. 27.

rangezogen werden.

2.2.3 Zieloperationalisierung

2.2.3.1 Aufgaben und Formen

Die Forderung nach Zieloperationalisierung ist dann erfüllt, wenn das Ziel „in eindeutig verständlichen und messbaren Größen ausgedrückt werden kann.“²³¹ Die Operationalisierung der Ziele soll diese in sachlicher, zeitlicher und personeller Hinsicht präzisieren.²³² Noch weiter geht Fischer, der neben einer Messvorschrift fordert, dass operationale Ziele an problemlösenden Handlungen orientiert sein müssen.²³³

Die Zieloperationalisierung ist also notwendig, um Situationen und Handlungen differenziert beurteilen zu können. Ziele dienen zur Entscheidungsvorbereitung, indem die konkreten Zielausprägungen der Handlungsalternativen verglichen und in eine Reihenfolge gebracht werden können, und zur Entscheidungs- und Leistungsbeurteilung, indem geplante Zielausprägungen mit tatsächlich erreichten verglichen werden können. Schließlich können durch die Analyse der Abweichungen Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Ergebnisverbesserung gefunden werden.

Die Notwendigkeit zur Operationalisierung besteht im Theater ganz genauso, denn „die üblichen theaterpolitischen Zielaussagen sind meist wegen fehlender quantitativer Bestimmtheit für Steuerungszwecke ungeeignet. Das Gutachten [zur Verbesserung der Steuerung öffentlicher Theater] empfiehlt deshalb, steuerungsgeeignete Leistungs- und Finanzziele zu entwickeln. Diese müssen operational und genau formuliert sein, damit eine Ergebnis- und Erfolgskontrolle möglich wird.“²³⁴

Anders als bei Unternehmen, die von rein erwerbswirtschaftlichen oder finanziellen Zielen geleitet werden,²³⁵ kann es bei Unternehmen mit komplexeren Zielsystemen zu Mess- oder Verständigungsproblemen kommen. Diese Probleme können dazu führen, dass die Operationalisierung mit dem Hinweis auf qualitative Ziele vorzeitig abgebrochen wird und auf eine Überprüfung auf zielgerichtetes Handeln vollständig verzichtet wird.

Für die Klassifikation in quantitative und qualitative Ziele werden zwei Merkmale herangezogen. Die Messskala, auf der die Zielerreichung gemessen werden kann, und die Beziehung

²³¹ Albach, H., Entscheidungsprozess, 1961, S. 357.

²³² Keil, R., Strategieentwicklung, 1996, S. 77.

²³³ Fischer, J., Ziele, 1989, S. 126. Ähnliches fordert Heinen mit dem Satz: „operationale Ziele sollen Handlungsziele sein“; vgl. Heinen, E., Grundlagen 1971, S. 117.

²³⁴ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 14.

²³⁵ Die Unterstellung rein erwerbswirtschaftlicher Ziele ist für die überwiegende Mehrzahl der Unternehmen eine grobe Vereinfachung. Vergleich die Ausführungen in Fußnote 70. Genauso ist bei ihnen nicht sinnvoll, von rein quantitativen Zielen auszugehen. Gegenbeispiele können Kundenzufriedenheit, Attraktivität der Arbeitsbedingungen oder Produktqualität sein.

zwischen dem Ziel und seiner Abbildung in die reellen Zahlen.²³⁶ Bei den Messskalen werden vier unterschieden:

Messskalen, bei denen ausschließlich unterschieden wird, ob das Ziel erreicht wird oder nicht, werden als nominalskaliert bezeichnet. Ordinalskalierte Messskalen erlauben, die Zielausprägungen in eine Rangfolge zu bringen, ohne eine Aussage zu treffen, wie weit die Ausprägungen auseinander liegen. Bei der Intervallskala ist zusätzlich eine Abstandsangabe möglich. Bei der Verhältnisskala existiert zusätzlich ein Nullpunkt für Zielausprägungen, wodurch Quotienten aus zwei Zielausprägungen sinnvoll werden.²³⁷

Bitz bezeichnet ausschließlich Zielausprägungen, die auf einer Verhältnisskala messbar sind als quantitativ, wodurch er sehr hohe Anforderungen an die Operationalisierung stellt.²³⁸ Demgegenüber beschränkt Gäfgen die qualitativen Ziele auf die nominalskalierten Messskalen.²³⁹ Insgesamt wird deutlich, dass die Zuordnung zu Messskalen zwar ein verbreitetes Abgrenzungskriterium für qualitative Ziele darstellt, aber dass Uneinigkeit über die exakte Zuordnung zu Messskalen besteht.

Wenn sich die Ziele einer direkten Messung entziehen, muss versucht werden, Ersatzziele (Indikatoren oder auch Proxykriterien) zu finden, die leichter messbar sind und mit dem eigentlichen Ziel hoch korreliert sind.²⁴⁰

Deswegen ziehen Keil und Fischer die Beziehungen zwischen der Zielausprägung und der Menge der reellen Zahlen als ein anderes Abgrenzungskriterium für qualitative Ziele heran. Sie unterscheiden vier Fälle, die beim Messen entstehen:²⁴¹

1. Direkte Abbildung des Zieles in die Menge der reellen Zahlen: $Z \rightarrow \mathbb{R}$

Beispielsweise kann das Ziel, den Gewinn – in der Abgrenzung nach dem HGB – zu maximieren, direkt in Zahlen ausgedrückt werden.

2. Die indirekte Abbildung über einen Indikator: $Z \rightarrow I \rightarrow \mathbb{R}$

Beispielsweise kann das Ziel, zukünftig zahlungsfähig zu bleiben, über eine günstige Ausprägung einer Liquiditätskennzahl der Bilanz gemessen werden. Dabei ist zu beachten, dass kurzfristig auftretende Zahlungsverpflichtungen, die zur Zeit der Bilanzerstellung nicht absehbar waren, das Unternehmen auch bei bilanzieller Liquidität zahlungsunfähig werden lassen können. D. h. die Indikatoren stellen nicht notwendigerweise identische, sondern lediglich komplementäre Ziele dar.

²³⁶ Keil, R., Strategieentwicklung, 1996, S. 67-68.

²³⁷ Als ein Beispiel für eine Intervallskala kann das Ziel, Waren kühl zu lagern, dienen. Der Unterschied zwischen 4° C und 8° C beträgt 4° C, aber die Aussage, der erste Zustand ist halb so warm wie der zweite, ist unsinnig, weil bei der Messung in Kelvin oder Fahrenheit ganz andere Ergebnisse entstünden.

²³⁸ Bitz, M., Strukturierung, 1977, S. 88.

²³⁹ Gäfgen, G., Theorie, 1974, S. 113.

²⁴⁰ Fischer, J., Ziele, 1989, S. 163.

²⁴¹ Fischer, J., Ziele, 1989, S. 163-165 und Keil, R., Strategieentwicklung, 1996, S. 69-71.

3. Die Zerlegung des Zieles in Zielelemente: $z_1 \rightarrow \mathbb{R}$
 $Z \rightarrow z_2 \rightarrow \mathbb{R}$
 $z_3 \rightarrow \mathbb{R}$

Beispielsweise kann das Ziel Kundenzufriedenheit in die Teilziele hohe Kundenbindung als Wahrscheinlichkeit dafür, den nächsten Einkauf auch beim eigenen Unternehmen zu tätigen, und die Minimierung der Reklamationen zerlegt werden. Diese beiden Teilziele können direkt gemessen werden.

4. Die gleichzeitige Zerlegung in Teilziele und deren Abbildung über Messmodelle: $Z \rightarrow$ $z_1 \rightarrow i_1 \rightarrow \mathbb{R}$
 $z_2 \rightarrow i_2 \rightarrow \mathbb{R}$
 $z_3 \rightarrow i_3 \rightarrow \mathbb{R}$

Beispielsweise kann das Ziel, das Überleben eines Unternehmens langfristig zu sichern, in die Teilziele zukünftige Zahlungsfähigkeit und Erfolgspotenzial zerlegt werden. Die zukünftige Zahlungsfähigkeit kann wieder über Liquiditätskennzahlen aus der Bilanz gemessen werden und als Maß für das Erfolgspotenzial kann der Auftragsbestand in Monaten herangezogen werden.

In dieser Aufteilung gelten die beiden letztgenannten Abbildungsvarianten gemäß Keil und Fischer als qualitative Ziele. Darüber hinaus werden die Ziele, die keiner der vier genannten Abbildungsarten zugerechnet werden können, als qualitative Ziele aufgefasst.

Eine fehlende Messvorschrift oder ein fehlendes Messmodell führen dazu, dass ein Ziel keiner der vier vorgenannten Abbildungsarten zugezählt werden kann. Gründe für das Fehlen einer Messvorschrift kann in der mangelnden Erforschung eines Gebietes oder der mangelnden Übereinkunft auf ein Messverfahren oder eine Normierung liegen. Wenn keine Übereinstimmung darüber existiert, welche Indikatoren das Erreichen eines Zieles anzeigen, fehlt ein anerkanntes Messmodell. Solche Ziele müssen verbal formuliert werden. Dabei kann noch weiter in solche Ziele unterschieden werden, die sich verbal formulieren lassen („Leitsätze“) und solche, wo selbst eine verbale Formulierung schwer fällt („Leitbilder“).²⁴²

In dieser Arbeit soll die Abbildungsvorschrift als Abgrenzungskriterium für qualitative Ziele herangezogen werden, weil die Grenze unter Heranziehung der Messskala in der Literatur nicht eindeutig festgelegt ist. Qualitative Ziele stellen in der obigen Aufzählung die Fälle drei und vier dar, bei denen eine Abbildung nur über eine Zerlegung des Zieles möglich ist, und alle solche Ziele, für die überhaupt keine Messvorschriften vorliegen, wobei nur letztere als nicht quantifizierbare Ziele gelten. Abbildung 17 stellt diese Klassifikation nochmals zusammenfassend dar.

²⁴² Keil, R., Strategieentwicklung, 1996, S. 72.

Quantifizierbare Ziele		Quantifizierbare Ziele				Nicht quantifizierbare Ziele	
Merkmale: <ul style="list-style-type: none"> Mess- oder Bewertungsvorschriften Messmodelle X = Abbildung möglich – = Abbildung nicht sinnvoll		Merkmale: <ul style="list-style-type: none"> keine Mess- oder Bewertungsvorschriften keine Messmodelle 		Leitsätze		Leitbilder	
1. Kriterium	direkte Abbildung	indirekte Abbildung über Messmodell	indirekte Abbildung über Zerlegung des Zieles in Zielelemente	indirekte Abbildung über Zerlegung und Messmodell	verbal formulierbar	nicht bzw. nur schwer verbal formulierbar	V
2. Kriterium	–	X	X	X			
Nominalskala	–	X	X	X			
Ordinalskala	X	X	X	X			
Intervallskala	X	X	X	X			
Verhältnisskala	I	II	III	IV			
Quantitative Ziele		Quantitative Ziele				Qualitative Ziele	

Abbildung 17: Klassifikation von Zielen²⁴³

²⁴³ Keil, R., Strategieentwicklung, 1996. S. 72.

Ziele, die sich nicht quantifizieren lassen, stellen allerdings ein ernsthaftes Hindernis für die Überprüfung der Zielerreichung dar. Dadurch kann ein Hauptzweck der Aufstellung von Zielsystemen nicht erreicht werden. Ein häufig in der Praxis vorgefundener Ausweg ist der, ein Notensystem für solche Ziele einzuführen.²⁴⁴ Dabei wird ein Sachverständiger herangezogen, um die Zielerreichung - nach seiner Einschätzung - nach einem vorgegebenen Raster zu bewerten. Es erweist sich häufig als schwierig, explizite Richtlinien für die Zuordnung zu Noten anzugeben. Damit ist die Benotung subjektiv, willkürlich und sie kann u. U. missbräuchlich verwendet werden. Missbrauch kann dadurch ausgeschlossen werden, indem die Notenbildung von einem externen interessensneutralen Gremium vorgenommen wird, wie es z.B. von Theaterkritikern schon verbale Beurteilungen über einzelne Inszenierungen in Zeitungen gibt. Wenn mehrere Begutachter herangezogen werden, können sich willkürliche Schwankungen mit steigender Stichprobengröße im Mittel ausgleichen und damit ihr Einfluss geringer werden. Die Subjektivität der Benotung muss nicht notwendigerweise als störend empfunden werden, wenn sie inhärenter Bestandteil des zu messenden Zieles ist. So ist es z.B. bei einer Befragung zur Kundenzufriedenheit unsinnig, den subjektiven Anteil der Bewertung zu eliminieren. Daraus folgt, dass Notenbildung eine sinnvolle Vorgehensweise ist, wenn viele (z.B. Kunden) oder unabhängige (Experten) Gutachter für ein subjektives Ziel zu Verfügung stehen. Der ermittelte Notenwert an sich hat dann zwar keine eigenständige Aussagekraft, es kann aber sinnvoll werden, sich Notenverbesserungen als Ziel zu setzen. Wenn die „Messung“ eines Zieles aus mehreren Benotungen verschiedener Gutachter zusammengesetzt ist, soll diese Vorgehensweise der Klasse IV in Abbildung 17 zugeordnet werden. Das Wort Messung ist in diesem Zusammenhang in Anführungszeichen gesetzt, weil diese Vorgehensweise den strengen Anforderungen an eine Messung nicht gerecht wird; so fehlt insbesondere die Möglichkeit, die Bewertung der Experten nachzuvollziehen. Die Operationalisierung des Zielsystems soll im Folgenden anhand der vier in Kapitel 2.2.2 herausgearbeiteten Oberziele erfolgen.

2.2.3.2 Kunst

Die Operationalisierung des künstlerischen Teilzieles erweist sich als die schwierigste Aufgabe im gesamten Zielsystem eines öffentlichen Theaters. Nach Siede-Hiller ist Kunst schlicht nicht definierbar.²⁴⁵ Auch Heinrichs verzichtet auf eine genaue Eingrenzung des Kulturbegriffs, den er als „diffus“ bezeichnet.²⁴⁶ Damit entzöge sich dieses Teilziel einer sinnvollen Kontrolle. Wahl-Zieger ist etwas optimistischer, indem sie einräumt, dass Kunst zwar nicht messbar wohl aber unterscheidbar sei.²⁴⁷ Damit ist die Bewertung der Kunst von einer vorhe-

²⁴⁴ Als Beispiele können Pröhl, M. (Hrsg.), Strukturen, 1995, S. 85, Martin, U., Typologisierung, S. 1-3 des Anhangs oder Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 70-76 gelten.

²⁴⁵ Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 67.

²⁴⁶ Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., Kulturentwicklung, 1999, S. 21.

²⁴⁷ Wahl-Zieger, E., Theater, 1978, S. 141.

rigen Einigung auf ein geeignetes Aushandlungsverfahren abhängig, auf das sich die Theater-schaffenden aber bisher nicht einigen konnten.²⁴⁸

Es existieren allerdings Ansätze in der Literatur, die im Folgenden vorgestellt werden sollen:

Almstedt²⁴⁹ arbeitet eine Reihe von Indikatoren heraus, über deren Erreichung indirekt die künstlerische Zielerreichung überprüft werden kann. Er teilt die Indikatoren in zwei Gruppen und zwar in Indikatoren für eine interne und in solche für eine externe Beurteilung auf. Das beruht auf der Annahme, dass die Beurteilung der Kunst auf zwei Wegen möglich sei. Erstens indem direkt Merkmale des Kunstwerkes betrachtet und bewertet werden (interne Komponente) oder zweitens, indem die Wirkung des Kunstwerkes auf Außenstehende betrachtet und das Kunstwerk indirekt bewertet wird.²⁵⁰ Für die direkte Beurteilung des Kunstwerkes können die Kriterien Intention, Mittel und Plausibilität herangezogen werden. Die Mittel, die dem Regisseur zur Verfügung stehen, um sein Ziel zu erreichen, können in Bewegung, Stimme, Szenengestaltung und Kompositionszusammenhang unterteilt werden.²⁵¹ Unter Kompositionszusammenhang soll dabei die Beurteilung verstanden werden, wie gut die einzelnen Mittel zusammen harmonieren.²⁵² Plausibilität beschreibt, wie gut die Intention durch die Mittel erreicht wird.²⁵³ Insgesamt ist der Vorschlag so zu verstehen, dass ein oder mehrere Sachverständige die Beurteilungen vornehmen.

Als indirekte Kriterien können die Anzahl der Zuschauer, die Anzahl oder die Bewertung durch Kritiken insbesondere in überregionalen Zeitungen, das Erringen von Preisen und Auszeichnungen - z.B. beim renommierten Berliner Theatertreffen - die Anzahl der Einladungen des einheimischen Theaters zu Gastspielen oder Festivals und die Fähigkeit, renommierte Künstler an das eigene Theater zu locken, herangezogen werden.²⁵⁴ Dabei werden die Indikatoren für die direkte Beurteilung dem Anspruch der direkten Mess- oder Zählbarkeit allerdings noch nicht gerecht. Die Indikatoren sind in Abbildung 18 zusammenfassend dargestellt.

²⁴⁸ Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., Kulturentwicklung, 1999, S. 21.

²⁴⁹ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 66.

²⁵⁰ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 50.

²⁵¹ Craig, C. E., Kunst, 1969, S. 126.

²⁵² Mödlhammer-Zöllner, J., Inszenierung, 1985, S. 35-36.

²⁵³ Mödlhammer-Zöllner, J., Inszenierung, 1985, S. 35.

²⁵⁴ Andrae, C.-A., Keuschnigg, C., Kunst, 1982, S. 23-24.

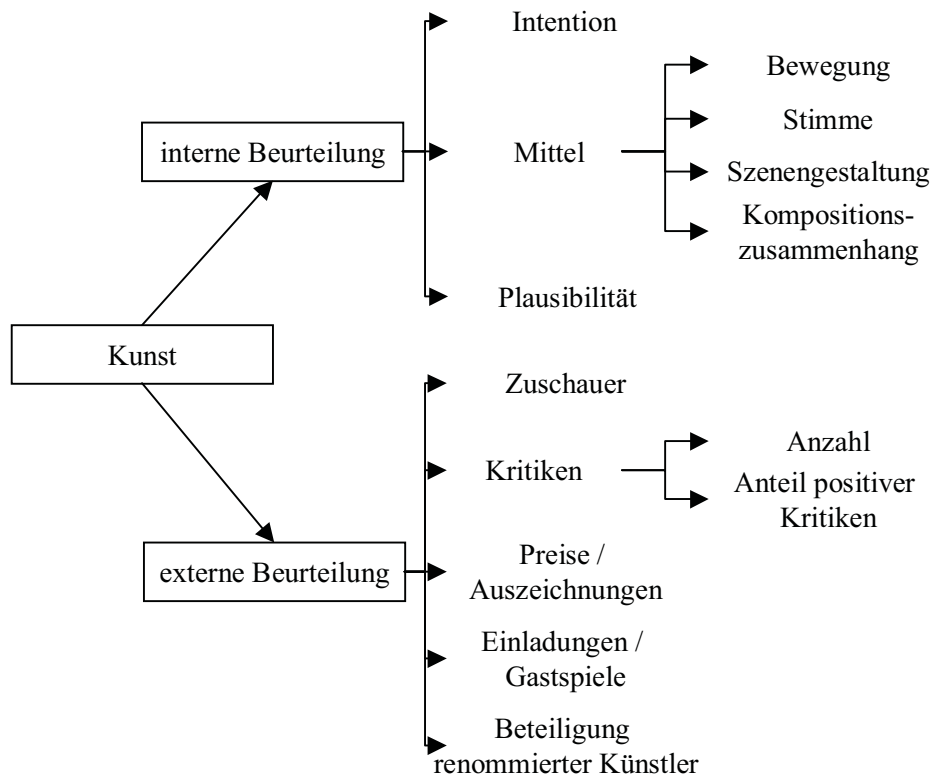


Abbildung 18: Operationalisierung des Zieles Kunst

Almstedt schlägt vor, die Einzelindikatoren gewichtet zu addieren, um sie zu einer Gesamtgröße zu aggregieren. Damit muss die Kunst als qualitatives Ziel der Kategorie IV gemäß Abbildung 17 eingeordnet werden.

Eine ähnliche Ansicht findet sich bei Lehmann und Schoenmakers: „Die Qualität jeder Aufführung findet ihren Ausdruck grundsätzlich in der Theatralität als kombinierter Vielfalt unterschiedlicher Zeichensysteme wie Licht, Klang, Körperlichkeit und Raum in der konkreten Aufführungssituation sowie in der zeit-räumlichen Einheit von Emission und Rezeption dieser Zeichen im Moment der Aufführung, womit auch das vorgegebene dramatische Textmaterial durch Stimmart, Sprechweise, Lautstärke, Tempo, räumliche Disposition bestimmt wird.“²⁵⁵

„Die Analyse der Qualität einer Inszenierung bzw. ihrer konkreten Ausführung erstreckt sich folglich auf diese Zeichenträger²⁵⁶, die Interrelationen der Momente in ihrem Zusammenhang, den Spannungsaufbau, die Figurenkonfigurationen sowie die Dialoge im einzelnen.“²⁵⁷

²⁵⁵ Lehmann, H. T., Theatralität, 1992, S. 1032-1033 zitiert nach Fabel, M., Controlling, 1998, S. 162.

²⁵⁶ Die Zeichenträger sind „linguistische und paralinguistische Zeichen, mimische, gestische und proxemische Zeichen, Maske, Frisur, Kostüm, Raumkonzeption, Dekoration, Requisiten, Beleuchtung, Geräusche und Musik. Diese Zeichen lassen sich mit Hilfe der Oppositionspaare ‚akustisch/ visuell‘, ‚transitorisch/ länger andauernd‘ und ‚schauspielerbezogen/ raumbezogen‘ [...] klassifizieren.“; vgl. Fischer-Lichte, E., Zeichensprache, 1990, S. 237, zitiert nach Fabel, M., Controlling, 1998, S. 162.

²⁵⁷ Schoenmakers, H., Inszenierungsanalyse, 1992, S. 445-446, zitiert nach Fabel, M., Controlling, 1998, S. 162.

In einer alternativen Sichtweise gilt die Kunst als ein nicht quantifizierbares Ziel.²⁵⁸ Stattdessen formuliert Solf Leitsätze. Darin heißt es, dass Inszenierungen förderungswürdig sind, „welche

- aufgrund ihrer Komplexität und Darstellungsformen neuartig, damit ungewohnt und den Individuen schwer zugänglich sind,
- mittels ihres non-affirmativen Charakters den Einzelnen wie auch die Gesellschaft in Frage stellen²⁵⁹ und
- die Realitätswahrnehmung, die Kritik- und Entscheidungsfähigkeit der Konsumenten erhöhen und damit Impulse gesellschaftlicher Innovation geben.“

Solfs Definition zielt dabei bewusst nicht auf populärere Kunstformen, die zwar durchaus ebenfalls wertvoll sein können, aber gerade wegen ihrer Popularität keiner besonderen Förderung bedürfen.²⁶⁰ Allerdings erscheint es zweifelhaft, ob selbst Opernklassiker, die gemeinhin als Zugpferde öffentlicher Theater angesehen werden, ihre Mittel vollständig selbst erwirtschaften könnten. Solfs Indikatoren – wie sie hier genannt sind – sind geeignet, künstlerisch wertvolle Inszenierungen zu identifizieren. Dem kategorischen Ausschluss publikumswirksamer Stücke aus der Menge der künstlerisch wertvollen Inszenierungen soll sich allerdings nicht angeschlossen werden. Da Solf nicht explizit zwischen künstlerischen (Zeile 1) und gesellschaftlichen (Zeile 2 und 3) Zielen unterscheidet, finden sich Indikatoren für beide Rubriken in diesen Leitsätzen. Damit müssten diese beiden Ziele als Ziele der Kategorie V eingeordnet werden.

Fabel schlägt zur Operationalisierung der Qualität als Teilziele vor:²⁶¹

- Zusammenwirken²⁶² von
- inszenatorischer Qualität (Rollenkonfiguration und -besetzung, Texterfassung, Zusammenspiel, Timing, Raumaufteilung, Interaktion mit dem Publikum etc.),
- auditiver und visueller Qualität (künstlerisch „handwerkliche“ Gestaltung von Bühnenbild und Requisiten, Kostüme, Maske, Ton etc.),
- schauspielerischer Qualität (Sprache, Ausdrucksvermögen, Rollenerfüllung etc.) und
- dramaturgischer Qualität (Programm- und Spielplangestaltung,²⁶³ Textauswahl- und Bearbeitung).

²⁵⁸ Solf, G., *Theatersubvention*, 1993, S. 127.

²⁵⁹ Marcuse, H., *Charakter*, 1965, S. 56-101, zitiert nach Solf, G., *Theatersubvention*, 1993, S. 127.

²⁶⁰ Solfs Anliegen liegt darin, Bestimmgründe für staatliche Subventionen zu ermitteln; vgl. Solf, G., *Theatersubvention*, 1993, S. 127.

²⁶¹ Durch die angegebene Konkretisierung wird deutlich, dass Fabel hier unter Qualität künstlerische Qualität versteht; vgl. Fabel, M., *Controlling*, 1998, S. 163.

²⁶² Das Zusammenwirken ist von besonderer Wichtigkeit, weil das Theater „gerade in der synthetischen Zusammenfassung mehrerer künstlerischer Wirkungsmöglichkeiten den Rang hoher Kunst erreicht.“; vgl. Melchinger, S., *Versuch*, 1966, S. 22.

²⁶³ Als Spielplangestaltung gilt bei Fabel die Gestaltung des Layouts der Zuschauerinformationsbroschüren und nicht etwa eine Spielzeitübergreifende Bewertung.

Fabel konkretisiert seine Qualitätsbegriffe nicht weiter und insbesondere macht er keine Angaben, wie aus den Einzelbewertungen eine Gesamtbewertung entstehen soll, so dass hier keine Zuordnung zu einer der herausgearbeiteten Kategorie möglich ist.

Die bisherigen Vorschläge bewerten einzelne Inszenierungen und dazugehörige Vorstellungen. Die Güte eines Spielplanes kann damit aber ausschließlich über die Güte der Einzelstücke ermessen werden. Fabel erweitert das Zielsystem des Theaters um die Forderung nach Vielfalt des Spielplanes.²⁶⁴ Überraschenderweise gibt Fabel als Maßstab dafür „künstlerisches Profil“ an.²⁶⁵ Überraschenderweise deshalb, weil „künstlerisches Profil“ erstens selber einer Konkretisierung bedürfte und zweitens inhaltlich über Vielfalt hinausgeht. Alternativ könnte als Hinweis für Vielfalt die Anzahl der unterschiedlichen Inszenierungen, der Neuinszenierungen oder der Uraufführungen herangezogen werden.²⁶⁶ Die Vielfalt des Spielplans schafft zusätzlich eine Form der Überparteilichkeit, da den Zuschauern ein breites Angebot vorgelegt wird, aus dem sie selbst auswählen können, ohne dass durch den Spielplan eine zu strikte Vorauswahl getroffen worden wäre.

„Bei der Vielseitigkeit eines jährlichen Spielplans sind es vor allem die Schwerpunkte, nach denen man in der Rückschau urteilen wird, mit welcher Konsequenz die Hauptlinien über die Jahre einer Intendanz verfolgt wurden.“²⁶⁷ Unter einem künstlerischen Profil kann also eine für die Zuschauer erkennbare Spezialisierung auf oder besondere Fertigkeit für bestimmte Stücktypen, -inhalte oder Ausdrucks- und Darstellungsformen verstanden werden. Ein künstlerisches Profil kann in Form eines „Mottos“ innerhalb einer Spielzeit zum Tragen kommen oder als strategische Positionierung im Wettbewerb auch zur Abgrenzung von der Konkurrenz auch über eine Spielzeit hinausgehen. So hat beispielsweise das Deutsche Theater in Göttingen während der Intendanz von Günther Fleckenstein einen Schwerpunkt auf griechische Dramen gelegt.²⁶⁸

Anzahlen von Neuinszenierungen und Uraufführungen können leicht gezählt werden. Maßstäbe für darüber hinausgehende Bewertungen von Vielfalt und Zusammenpassen der ausgewählten Stücke sind aber nur schwer quantifizierbar.

2.2.3.3 Öffentlicher Auftrag

Almstedt unterteilt den öffentlichen Auftrag in vier Teilziele, die er bildungspolitischen, sozialpolitischen, wirtschaftspolitischen und Imageaspekt nennt.²⁶⁹ In Abbildung 19 ist eine wei-

²⁶⁴ Vergleiche Kapitel 2.2.1.

²⁶⁵ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 165.

²⁶⁶ Während mit Inszenierungen die Anzahl unterschiedlicher Stücke, die in einer Spielzeit gespielt werden, gemeint ist, gelten als Neuinszenierungen die Stücke, die innerhalb einer Spielzeit neu einstudiert und in das Repertoire aufgenommen werden. Uraufführungen dahingegen sind Stücke, die darüber hinaus auch an anderen Theatern noch nicht aufgeführt worden sind.

²⁶⁷ Fleckenstein, G., Aufgaben, 1982, S. 7.

²⁶⁸ Baensch, N., Zyklus, 1982, S. 9-11.

²⁶⁹ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 67-68.

tere Konkretisierung vorgenommen. Grau unterlegte Felder stellen dabei messbare Indikatoren für die Zielerreichung dar. Die Bezeichnung Skala soll andeuten, dass für dieses Teilziel auf eine Notenskala zurückgegriffen werden soll.

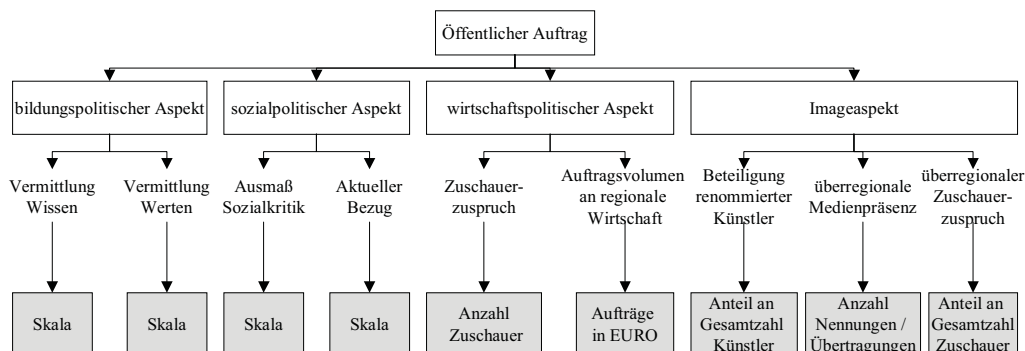


Abbildung 19: Operationalisierung des öffentlichen Auftrags nach Almstedt²⁷⁰

Damit ist der öffentliche Auftrag als eine Zielgröße der Kategorie IV der Abbildung 17 einzuordnen, wobei sich einzelne Indikatoren der Messung entziehen und durch Notenwerte wiedergegeben werden.

2.2.3.4 Publikumsbedürfnisse

Um dem Ideal der Kundenorientierung gerecht zu werden, ist es erforderlich, die Bedürfnisse des Publikums genau zu kennen. Das Publikum ist aber keine homogene Masse, sondern es besteht aus verschiedenen Bevölkerungsschichten und Personen, die aufgrund gänzlich unterschiedlicher Motive in das Theater gehen. Nur durch eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Besuchergruppen kann eine Berücksichtigung der Bedürfnisse der Zuschauer sichergestellt werden. Eckhardt und Horn²⁷¹ berücksichtigen das, indem sie das Publikum in vier Gruppen unterteilen. Sie unterscheiden Kulturferne, Unterhaltungsorientierte, Gelegenheitsnutzer und das Kernpublikum. Sie benutzen vier Merkmale zur Abgrenzung dieser Gruppen: Bildungsstruktur, kulturelle Sozialisation, kulturelles Interesse (dominierende Interessentypen) und Nutzung der Kulturangebote vor Ort. Ihre Zuordnung von Merkmalen zu Zuschauergruppen ist in Abbildung 20 dargestellt.

²⁷⁰ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 70.

²⁷¹ Eckhardt, J., Horn, I., Kultur, 1991, S. 362.

Gruppe: Merkmal:	Kulturferne	Unterhaltungs- orientierte	Gelegen- heitsnutzer	Kernpublikum
Bildungsstruktur	stark unter- durchschnitt- lich	leicht unter- durchschnittlich	leicht über- durchschnitt- lich	überdurch- schnittlich stark
kulturelle Sozialisation	stark defizitär	unterdurch- schnittlich	durchschnitt- lich	überproportional günstig
kulturelles Interesse (dominierende Interessentypen)	Desinteressier- te, Zufalls- interessierte	Unterhaltungsin- teressierte, Zu- fallsinteressierte	keine Domi- nanzen	Kenner, Lieb- haber, Bildungs- orientierte
Nutzung der Kultur- angebote vor Ort	keine bzw. außerordent- lich gering	unterdurch- schnittlich	leicht über- durchschnitt- lich	stark überdurch- schnittlich

Abbildung 20: Typologisierung des Theaterpublikums nach Eckhardt und Horn

Dabei reicht es in Anbetracht der Tatsache, dass nur ein Bruchteil der Bevölkerung regelmäßig ins Theater geht, nicht aus, das derzeitige Publikum zu analysieren. Vielmehr muss die Untersuchung auf die gesamte Bevölkerung als die potenziellen Besucher ausgedehnt werden.²⁷² Eine Konzentration auf besonders leicht für das Theater zu gewinnende Menschen stände im Widerspruch zum öffentlichen Versorgungsauftrag. Vielmehr muss die Theaterleistung für alle Segmente ausgewogen gestaltet werden, so dass für das gesamte potenzielle Publikum ein Anreiz besteht, das Theater zu besuchen. Als Ziel könnte dann formuliert werden, den Theaterbesuch der unterschiedlichen Schichten an die tatsächliche Verteilung in der Bevölkerung anzunähern.

Die Anpassung der Theaterleistung an die Bedürfnisse des Publikums muss neben dem Besuchersegment auch nach dem betrachteten Ausschnitt der Theaterleistung differenziert gesehen werden. Dazu soll die Leistungseinteilung, wie sie in Abbildung 21 dargestellt ist, herangezogen werden.

²⁷² Günter, B., Marketing, 1993, S. 57.

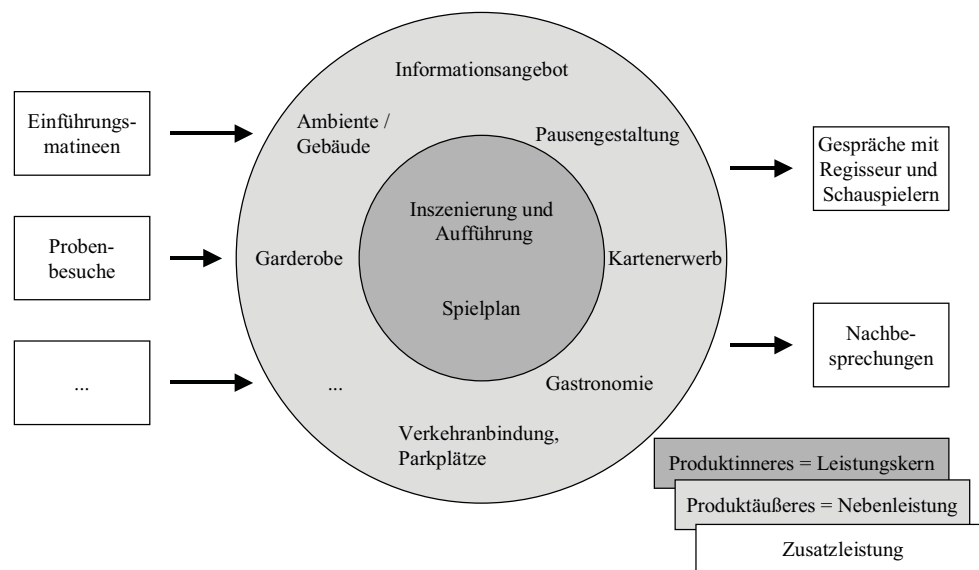


Abbildung 21: Theaterleistungen²⁷³

Der Leistungskern umfasst dabei die eigentliche Vorführung, die Nebenleistungen sind die Leistungsteile, die bei einem Theaterbesuch „nebenbei“ anfallen, und die Zusatzleistungen sind solche, die die Wirkung des Theaterbesuchs lediglich unterstützen, aber nicht unbedingt notwendig sind.²⁷⁴ Um den Leistungskern den Ansprüchen des Publikums anzupassen, müssen ansprechende Stücke ausgewählt oder entsprechend aufbereitet werden. In diesem Bereich ist der Einfluss auf die künstlerische Zielsetzung am höchsten und entsprechend sind auch die Vorbehalte der Theaterschaffenden, dem Publikum Gestaltungsmacht einzuräumen am größten. Die Anpassung der Nebenleistungen an die Bedürfnisse des Publikums gilt dahingegen eher als unkritisch.²⁷⁵ Um dem Anspruch nach Kundenorientierung gerecht zu werden, wurden empirische Untersuchungen durchgeführt, die die Bedürfnisse der Kunden ermitteln sollten. Bauer, Herrmann und Huber befragen die Besucher des Nationaltheaters Mannheim bezüglich zehn ausgewählter Einflussfaktoren auf die Kundenzufriedenheit, die die Nebenleistungen betreffen. Das sind im Einzelnen: Informationsmaterial, Garderobe, Bewirtung, sanitäre Anlagen, Verkehrsanbindung, Programmheft, Spielplan (-Broschüre), Kartenvorverkauf, Sitze und Foyer.²⁷⁶ Aus der Wichtigkeit, die die einzelnen Einflussfaktoren für die Besucher haben, werden sie zu Kundensegmenten zusammengefasst. Aufgrund dieser Analyse ist es möglich zu erkennen, welche Aspekte in Bezug auf einen Theaterbesuch verbessert werden müssen bzw. vernachlässigt werden können, um bestimmte Besucherschichten als Kunden zu erhalten oder stärker an das Theater zu binden.

²⁷³ Darstellung in enger Anlehnung an Almstedt; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 71.

²⁷⁴ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 71.

²⁷⁵ Hinweise für eine ertragsorientierte Gestaltung der Zusatzleistung liefert Röger; vgl. Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 327.

²⁷⁶ Bauer, H. H., Herrman, A., Huber, F. Kundenorientierung, 1995, S. 385-397.

Zusatzleistungen wie Theaterführungen, Stückeinführungen, Probenbesuche, Gespräche mit Regisseuren und Schauspielern sind von besonderer Bedeutung, weil sie aufgrund ihres informierenden Charakters besonders geeignet sind, Verständnisschwierigkeiten auszuräumen und damit Besuchsbarrieren zu senken.²⁷⁷ Außerdem kann mit Diskussionen in Nachgesprächen die Wechselbeziehung zwischen Publikum und Künstlern gefördert werden.²⁷⁸

Von besonderer Bedeutung für diese Arbeit sind allerdings Analysen, die auch den Leistungskern des Theaters in die Betrachtung einschließen.

Martin gliedert dafür das Publikum der Semperoper in Dresden nach ihrer Motivstruktur in fünf Segmente. Das sind „der Erlebnissuchende“, „der kulturell Engagierte“, „der Emotionale“, „der Unmotivierte“ und „der Verhinderte“. Diese Gruppen lassen sich durch ihre Angaben, welche der Motive „gesellschaftliches Ereignis“, „kulturelle Entfaltung“, „emotionale Stimulierung“, „subjektiver Zeitmangel“ und „objektive Barrieren“ wichtig sind, um ihren Theaterbesuch oder ihr Fernbleiben zu begründen, identifizieren.²⁷⁹

Diese Publikumsgruppen stellen unterschiedliche Ansprüche an das Angebot der Theater. Martin macht Vorschläge für eine zielgruppenorientierte Politik, die in Abbildung 22 dargestellt sind.²⁸⁰

Für diese Arbeit sind die weiß unterlegten Felder von besonderer Bedeutung, da sie direkt die Gestaltung der Kernleistung betreffen. Auch wenn diese Analyse konkrete Vorschläge liefert, wie die einzelnen Gruppen erreicht werden können, muss bedacht werden, dass die Aufteilung aufgrund von Befragungen des Publikums eines bestimmten Theaters entstanden ist. Die Struktur des Publikums wird aber von Theater zu Theater verschieden sein, so dass nur grobe Aussagen übernommen werden können. Für detailliertere Analysen muss die Einteilung in Gruppen von Beginn an für jedes spezifische Theater wiederholt werden. Dafür sei auf die Ausführungen von Martin und die dort angegebene Literatur verwiesen.²⁸¹

²⁷⁷ Vergleiche Kapitel 1.1.

²⁷⁸ Rödl & Partner PMC (Hrsg.), Studie, 1996, S. 12.

²⁷⁹ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 172-175.

²⁸⁰ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 221.

²⁸¹ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 130-263.

Typ: Instrument:	I der Erlebnis suchende 27,1%	II der Emotionale 20,1%	III der Unmotivierte 18,6%	IV der Verhinderte 17,3%	V der kulturell Engagierte 16,9%
zentrale Ansatz- punkte einer quali- tätsorientierten Präferenzstrategie	keine kritischen Rahmenbedingun- gen identifizierbar	künstlerische Besetzung	Eintrittspreise Anfangszeiten Sitzplatz Gastronomie	Eintrittspreise Anfangszeiten	Veranstaltungs- angebot künstlerische Besetzung Eintrittspreise
Produkt / Sparte	alle Genres	Oper, klassisches Konzert	Kabarett	Musiktheater	Klassik Sprechtheater
Gestaltungs- elemente der Kernleistung	aufwändiges Bühnenbild Weltstars	namhafte Künstler		Gemischtabonne- ment für Musik- theater bzw. Musiktheaterreise	abwechslungsrei- ches, modernes Angebot
Künstlerische Zusatzleistungen	Ausstellungen mit großem Schauwert Premierenabon- nement		KulturCARD (Verbundangebot vieler Freizeitein- richtungen) Zusammenarbeit mit Schulen/ Uni- versitäten		Einführungsveran- staltungen vor/ Diskussions- runden nach Auf- führung Matineen stückbezogene Ausstellungen
Sonstige Zusatzleistungen	Opernball „Dinieren mit Stars“ hochwertige Gast- ronomie	Besichtigung der Oper / informati- ver Rundgang 2 Stunden vor der Aufführung	Bewirtung schnel- ler/ billiger		
Physisches Um- feld			unkonventionelle Aufführungsorte bessere Sitzplätze		
Personal		Freundlichkeit		Freundlichkeit	

Abbildung 22: Vorschläge für eine zielgruppenorientierte Gestaltung der Theaterleistung²⁸²

Für die Überprüfung der Kundenzufriedenheit kommen direkte Befragungen der Zuschauer oder indirekte Mittel wie die Analyse der Verkaufszahlen in Frage. Die Befragung der Kunden ist zwar aufwändiger als die Analyse der Verkaufszahlen, ermöglicht aber auch differenziertere Aussagen. Sie ermöglicht beispielsweise Aussagen darüber, welche Teilleistungen zur Kundenzufriedenheit beitragen oder nicht, wohingegen Veränderungen von Verkaufszahlen ausschließlich globale Aussagen erlauben. Auf der anderen Seite kann mit der Hilfe der Anzahl der Besucher durchaus eine Aussage über den relativen (Publikums-) Erfolg einzelner Inszenierungen oder von Sparten getroffen werden.

Das Ziel „viele Besuche“ lässt sich direkt messen (Kategorie I). Eine Befragung über das Ziel hohe Kundenzufriedenheit verursacht wieder die Schwierigkeiten, die sich aus einer indirekten Ermittlung (Kategorie III) ergeben.²⁸³ Das Ziel, Mindestanteile bestimmter Besucherseg-

²⁸² Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 221.

²⁸³ Dabei handelt es sich um Verschiebungen, die durch Inkongruenz des erfragten Merkmals mit dem eigentlichen Ziel oder durch opportunistisches Abstimmungsverhalten entstehen; vgl. die Ausführungen zur Operationalisierung des künstlerischen Ziels.

mente zu erreichen, kann direkt gezählt werden, es bedarf aber der aufwändigen Verfolgung der Entwicklung der Besucherschichten.

2.2.3.5 Wirtschaftlichkeit

Die Operationalisierung des Zieles wirtschaftlicher Unternehmensführung kann sich in hohem Maße an dem Stand der Technik der Betriebswirtschaftslehre orientieren, die diesbezüglich natürlich über erprobtes Instrumentarium verfügt.

In der Tagespresse und der politischen Diskussion wird häufig auf hoch aggregierte globale Kennzahlen zurückgegriffen. Beispielsweise wird ein Kostendeckungsgrad als Anteil der Kosten, der durch Verkaufserlöse an Theaterkarten selbst erwirtschaftet wird, herangezogen.²⁸⁴ Der Rückgang der Kostendeckung von 40 % im Jahr 1956/ 1957 auf 15,71 % im Jahre 1999/ 2000 zeigt natürlich deutlich einen Trend auf.²⁸⁵ Diese Kennzahlen liefern aber keinen Aufschluss über Wirkungszusammenhänge und keine Steuerungsinformationen für Entscheidungen im Theater und sind deshalb als Operationalisierung des Zieles der Wirtschaftlichkeit abzulehnen. Die Aussage, eine Theaterkarte wird im Schnitt mit 90 €²⁸⁶ bezuschusst, ist obendrein noch irreführend, denn es könnte der Eindruck entstehen, dass bei einer Vorstellungsreduzierung der Zuschussbedarf um 90 € pro Platz und Vorstellung gesenkt werden kann. Das ist aufgrund des hohen Fixkostenanteils bei den Personalkosten und durch die vorherige Inszenierung bei weitem nicht in der Höhe der Fall.

Eine Kennzahl, die tatsächlich geeignet erscheint, eine Priorisierung von Projekten bei der Bereitstellung von Finanzmitteln zu gewährleisten, ist die Kennzahl: $\frac{\text{Qualität}}{\text{Finanzierungsbedarf}}$.

Qualität ist dabei als eine Bewertung der künstlerischen Qualität eines Projektes - beispielsweise einer zusätzlichen Inszenierung - zu verstehen. Finanzierungsbedarf ist dann der für dieses Stück abgegrenzte Überschuss der Auszahlungen über die Einzahlungen.²⁸⁷

Die angesprochenen Schwierigkeiten bei der Interpretation von Verhältniskennzahlen können vermieden werden, wenn Budgetwerte, Kosten und Leistungen absolut betrachtet werden.

Für das Ziel, die Budgets einzuhalten,²⁸⁸ ist eine Budgetrechnung erforderlich, mit der Planansatz, der bisherigen Ist-Stand und die bereits eingegangenen Verpflichtungen (Obligos) für die jeweiligen Konten verfolgt werden.²⁸⁹

²⁸⁴ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 165.

²⁸⁵ Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 1.1.

²⁸⁶ Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), Theaterstatistik, 2001, S. 183.

²⁸⁷ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 165. Der Finanzierungsbedarf ist nur bei einer budgetmäßigen Wirtschaftlichkeitskontrolle sinnvoll. Bei einer erfolgsorientierten Wirtschaftlichkeitsrechnung wäre ein Deckungsbeitrag sinnvoller; vgl. Abbildung 23.

²⁸⁸ Streng genommen handelt es sich nicht um ein Ziel, sondern um eine Nebenbedingung für die Entscheidungsträger. Da aber geringe Verletzungen von Budgets im Allgemeinen toleriert werden, kann von einem Ziel gesprochen werden, die Restriktionen möglichst wenig zu verletzen.

²⁸⁹ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 55-57.

Auf der Kostenseite²⁹⁰ wird neben einer Kostenarten-, und -stellenrechnung auch eine Kostenträgerrechnung gefordert.²⁹¹ Kostenstellen können nach den üblichen Kriterien gebildet werden. Sie können im Bedarfsfalle nach Theatersparten oder Spielstätten zusammengefasst werden, um u. U. eine spätere Profit Center-Rechnung zu ermöglichen. Kostenträger können Inszenierungen, Aufführungen, einzelne Theaterplätze, Gastspiele, Fernsehaufzeichnungen oder Werbeschriften sein.²⁹²

Auf der Leistungsseite können Erlöse analysiert und nach ihrer Entstehung gegliedert werden. Mögliche Erlösquellen sind der Verkauf von Tageskarten, Abonnements, die Einnahmen durch Besucherorganisationen²⁹³, Kultursponsoring, Gastspiele und sonstige Erlöse.

Da die Erlöse die Leistungen des Theaters nur unzureichend widerspiegeln, werden weitere nicht-monetäre Kennzahlen wie die Anzahl der Inszenierungen, der Aufführungen, der Besucher, der Gastspiele oder ein Auslastungsgrad als Maßstab für die Leistung öffentlicher Theater vorgeschlagen.²⁹⁴

Kosten und Leistungen können in Form einer stufenweisen Deckungsbeitragsrechnung in Beziehung zueinander gebracht werden. Das ist in abstrakter Form in Abbildung 23 veranschaulicht. Dadurch werden Aussagen über die Wirtschaftlichkeit einzelner Aufführungen²⁹⁵ und Inszenierungen möglich. Wenn die Inszenierungen einzelnen Sparten oder Spielstätten zugeordnet werden, kann eine Aussage über deren Wirtschaftlichkeit im Sinne einer Profit Center-Rechnung getroffen werden.

²⁹⁰ Der Begriff der Kosten wird in der Theaterpraxis irreführend verwendet, da die Abgrenzungen zu Aufwänden und sogar zu Auszahlungen nicht immer korrekt vorgenommen werden.

²⁹¹ Fabel, M., Controlling, 1998, S. 267-270 oder Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 57-58.

²⁹² Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 55.

²⁹³ Vergleiche die Ausführungen auf S. 63.

²⁹⁴ Pröhl, M. (Hrsg.), Strukturen, 1995, S. 62-74.

²⁹⁵ Insbesondere bei Aufführungen, bei denen teure externe Stars eingesetzt werden, kann bereits der Deckungsbeitrag I negativ sein; vgl. Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 193.

Aufführungserlöse
- Aufführungskosten
= Aufführungsdeckungsbeitrag
= Deckungsbeitrag I · Anzahl der Aufführungen ²⁹⁶
- Inszenierungskosten
= Inszenierungsdeckungsbeitrag (Deckungsbeitrag II)
Summe aller Deckungsbeiträge II einer Sparte oder Spielstätte
- Einzelkosten der Sparte bzw. der Spielstätte
= Deckungsbeitrag der Sparte oder Spielstätte (DB III)
Summe aller Deckungsbeiträge III
- Unternehmensfixkosten
= Betriebsgewinn oder -verlust
+ Subventionen
Finanzierungsüberschuss oder -defizit

Abbildung 23: Stufenweise Deckungsbeitragsrechnung²⁹⁷

Vorsicht ist bei der Verrechnung der Personalkosten des festangestellten Ensembles bzw. der Werkstätten auf die Aufführungen geboten, da die verbreitete²⁹⁸ Verrechnung als Fixkosten zu Fehlentscheidungen führen kann. Bei der Bestimmung einer Preisuntergrenze für eine Gastspielreise müssen auch angemessene Teile der Personalkosten verrechnet werden, weil sie andernfalls nicht verursachungsgerecht zugerechnet wären. Das entspräche dem Fall einer erwerbswirtschaftlichen Unternehmung, die eine Preisuntergrenze zwar über den variablen aber unter den totalen Durchschnittskosten festsetzt, was zwar kurzfristig Ergebnisverbesserungen bewirken kann, aber wodurch langfristig der Fortbestand der Unternehmung gefährdet wird.²⁹⁹ Dabei ist eine vollständige Weiterverrechnung der Kosten nicht unbedingt nötig, da Theater ihr relatives Einspielergebnis - also den Anteil der selbst erwirtschafteten Kosten - schon dadurch verbessern können, wenn sie mehr Kosten überwälzen, als sie üblicherweise einspielen.

Unabhängig davon, ob eine Erfolgsrechnung oder eine Finanzierungsrechnung herangezogen wird, um die wirtschaftliche Betriebsführung zu kontrollieren, ist dieses Ziel der ersten Kategorie gemäß Abbildung 17 zuzuordnen. Erst, wenn die wirtschaftlichen Ergebnisse mit künstlerischen Größen in Beziehung gesetzt werden, entstehen die bereits unter dem Kapitel 2.2.3.2 beschriebenen Probleme bei der Messung und Bewertung der Zielerreichung.

²⁹⁶ Die pauschale Multiplikation mit der Anzahl der Aufführungen ist nur bei Planwerten sinnvoll. Bei Istwerten wird sie durch die Summe über alle Aufführungen ersetzt.

²⁹⁷ In Anlehnung an Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 78. Eine etwas detailliertere Deckungsbeitragsrechnung zeigt Hoegl, vgl. Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 193.

²⁹⁸ Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), Führung, 1989, S. 55.

²⁹⁹ Kropfberger, D., Kostenrechnung, 1983, S. 52-65.

Durch die Darstellung der verschiedenen Ansätze der Operationalisierung der vier Formalziele ist ein umfangreicher Katalog an Maßgrößen und Indikatoren entstanden. Im Normalfall wird sich ein Theater allerdings lediglich auf eine Auswahl davon beschränken. Beispielsweise wird von Theaterpraktikern vorgeschlagen, anstelle der Bewertung der Kunst, der Publikumsbedürfnisse und des öffentlichen Auftrages – wie sie hier vorgestellt wird – die Stücke lediglich drei Klassen zuzuordnen, die eine jeweils eine grobe Bewertung zulassen.³⁰⁰ Über die genaue Ausgestaltung muss in jedem Theater von Neuem entschieden werden. In Kapitel 2.3.3.2 wird ein Vorschlag dafür dargestellt.

2.2.4 Zielbewertung und Revision des Zielsystems

Durch die Zielbewertung wird den Unterzielen das jeweilige Gewicht innerhalb des Zielsystems zugewiesen, das die Präferenzen des Entscheidungsträgers widerspiegelt.³⁰¹ Eine mögliche Vorgehensweise ist, die Zielgewichtung ausgehend von der Wurzel des Baumes analog ihrer Wichtigkeit über die Knoten auf die Blätter zu verteilen. Die Wurzel stellt das Oberziel dar und wird mit 100% gewichtet. Die Wertigkeit jedes Knotens wird vollständig an die darunter liegenden Äste aufgeteilt, so dass am Ende des Prozesses die Summe der Gewichte der Blätter wiederum 100% beträgt.

Da im Zuge der Darstellung der Phasen des Entscheidungsprozesses im Zusammenhang mit der Alternativenbewertung und Entscheidung³⁰² auf Methoden zur Zielgewichtung eingegangen wird, soll an dieser Stelle darauf verzichtet werden.

Das aufgestellte Zielsystem muss revidiert werden, wenn einer der folgenden Punkte nicht erfüllt ist:

- „Vollständigkeit und Angemessenheit (Sind alle Ziele erfasst? Beschreibt dieses Zielsystem tatsächlich den angestrebten Zustand?)
- sinnvolle Bewertung der Endziele
- ausreichende Konkretisierung und Operationalisierung
- Abstimmung der Ziele mit dem Auftraggeber
- Ausschluß unerreichbarer Ziele
- Unabhängigkeit der Einzelziele (keine Überlappung)
- schriftliche Fixierung sämtlicher Ziele
- Ziele dürfen nicht Lösungen oder Ergebnisse darstellen.
- Vereinbarkeit der Einzelziele“³⁰³

Sollte einer diese Punkte nicht erfüllt sein, muss im Zielbildungsprozess zurückgesprungen werden, um den Defekt zu beheben, bis am Ende ein Zielsystem steht, das den genannten An-

³⁰⁰ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 400.

³⁰¹ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 251-252.

³⁰² Vergleiche Kapitel 2.4.5, S. 88.

³⁰³ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 252 oder ausführlicher Schmidt, G., Methoden, 1989, S. 236-248.

forderungen entspricht.

Die Kontrolle des Zielssystems wird an späterer Stelle nochmals aufgegriffen. Deswegen soll hier auf eine weitere Detaillierung verzichtet werden.

2.3 Planungssystem

2.3.1 Ebenen der Planung

Unter Planung soll „ein geordneter, informationsverarbeitender Prozess zur Gestaltung eines Entwurfes, welcher Größen für das Erreichen von Zielen vorausschauend festlegt“,³⁰⁴ verstanden werden. Das Ergebnis dieses Prozesses ist ein Plan. „Ein Plansystem ist ein geordnetes Gefüge einzelner Pläne.“³⁰⁵

Unter dem Oberbegriff der Planung sind viele Pläne zusammengefasst, die sich im Planungszeitraum, der -häufigkeit, in der Komplexität, der Detailliertheit und den beteiligten Entscheidungsträgern unterscheiden. Diese Pläne können nach unterschiedlichen Kriterien klassifiziert werden, wobei sich die Unterteilung in strategische, taktische und operative Planungsebenen in der Literatur durchgesetzt hat.³⁰⁶

Unter strategischer Planung soll die Planung verstanden werden, die der Schaffung und Erhaltung von Erfolgspotenzialen dient.³⁰⁷ Die Erfolgswirkung ist also indirekt und entsteht erst in der Ausnutzung der geschaffenen Erfolgspotenziale.

Kirsch betont dabei zusätzlich: „...es [strategisches Handeln] zielt auf die Entfaltung von Handlungsmöglichkeiten und damit verbunden auch die Entfaltung von Fähigkeiten. Dabei interessieren in erster Linie die Veränderungen von Fähigkeiten, die als Entfaltung von Erfolgspotenzialen aufgefasst werden können.“³⁰⁸

Als Aufgaben der strategischen Planung kann ein Katalog echter Führungsentscheidungen nach Gutenberg angeführt werden:

- „Festlegung der Unternehmenspolitik auf weite Sicht“,
- „Koordinierung der großen betrieblichen Teilbereiche“,
- „Beseitigung von Störungen außergewöhnlicher Art im laufenden Betriebsprozess“,
- „geschäftliche Maßnahmen von außergewöhnlicher betrieblicher Bedeutung“ und
- „Besetzung der Führungsstellen in Unternehmen“³⁰⁹

Kreikebaum nennt im Zusammenhang der strategischen Führung zusätzlich das Festlegen einer Unternehmensphilosophie und „die Bemühungen der Unternehmen um ein einheitliches

³⁰⁴ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 18.

³⁰⁵ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 18.

³⁰⁶ Bloech, J., Bogaschewsky, R., Götze, U., Roland, F., Einführung, 2001, S. 126.

³⁰⁷ Gälweiler, A., Unternehmensführung, 1987, S. 26.

³⁰⁸ Kirsch, W., Unternehmensführung, 1993, Sp. 4096.

³⁰⁹ Gutenberg, E., Grundlagen, 1983, S. 133-140 insbesondere S. 140. Dieser Katalog ist in der Empirie bestätigt worden; vgl. Gemünden, H. G., Führungsentscheidungen, 1983, S. 49-64.

Erscheinungsbild (corporate identity)“ als strategische Aufgaben.³¹⁰

Strategische Planungen sind i.A. langfristig, wenig detailliert und sie operieren mit eher qualitativen Größen.

Unter taktischer und operativer Planung soll die Planung verstanden werden, die die durch die strategische Planung geschaffenen Erfolgspotenziale realisiert.³¹¹

Die taktische und operative Planung sind kurzfristiger, detaillierter und sie arbeiten mit eher quantitativen Größen. Sie sollen die strategische Planung konkretisieren.³¹²

Die taktische und operative Planung operieren häufig lediglich auf Teilplänen.

Typisch für taktische Fragestellungen ist, dass keine exakten Informationen über die Wirkungen der Entscheidungen vorliegen. Häufig existieren auch mehrere Ziele oder Bewertungsaspekte. Zudem muss häufig mit hoch aggregierten Variablen gearbeitet werden.³¹³

Diese Einschränkungen gelten nicht für die operative Planung.

Zwischen taktischer und operativer Planung setzt sich der Trend zunehmender Detailliertheit und kürzerer Fristen fort. Diesen Zusammenhang zeigt Abbildung 24.

Merkmale Ebenen	Differenziert- heitsgrad (Aufgliederung in Teilpläne)	Detailliert- heitsgrad (Er- fassung von Einzelheiten)	Präzision (In- formationen über die zu erfassenden Größen)	Bezugszeit- raum (Pla- nungshori- zont / Prog- nosereichwei- te)	Problemstruk- tur (Abgren- zung des Suchraums für zulässige Lösungen)
strategische Planung	wenig differenziert (Gesamtplan)	globale Grö- ßen (Problemfel- der)	grobe Infor- mationen über die Größen	langfristig	schlecht- strukturierte Probleme
taktische Planung	⇕	⇕	⇕	⇕	⇕
operative Pla- nung	stark diffe- renziert (viele Teil- pläne)	detaillierte Größen (De- tailprobleme)	feine („exak- te“ Informati- onen über die Größen)	kurzfristig	wohl- strukturierte Probleme

Abbildung 24: Merkmale strategischer, taktischer und operativer Planung³¹⁴

Die strategische Planung gibt Richtlinien vor, nach deren Maßgabe die taktische und operative Planung vorzugehen haben. Die taktische Planung gibt wiederum Richtlinien für die opera-

³¹⁰ Kreikebaum, H., Führung, 1995, Sp. 1899-1900.

³¹¹ Kreikebaum, H., Unternehmensplanung, 1997, S. 211.

³¹² Adam, D., Planung, 1996, S. 341 oder Kreikebaum, H., Unternehmensplanung, 1997, S. 211.

³¹³ Adam, D., Planung, 1996, S. 341.

³¹⁴ Bloech, J., Bogaschewsky, R., Götze, U., Roland, F., Einführung, 2001, S. 127.

tive Planung vor.

Entgegen den Vorgaben, die entlang der Planungshierarchie fließen (feed forward), existiert ein rückwärtsgerichteter Informationsfluss (feed back), der die Überprüfung und ggf. die Konkretisierung der vorgelagerten Planungsebene ermöglicht. Deshalb wird bei dieser Art der Rückkopplung auch von einem Gegenstromverfahren gesprochen.³¹⁵ Die Informationsflüsse zwischen den Planungsebenen werden in Abbildung 25 veranschaulicht.

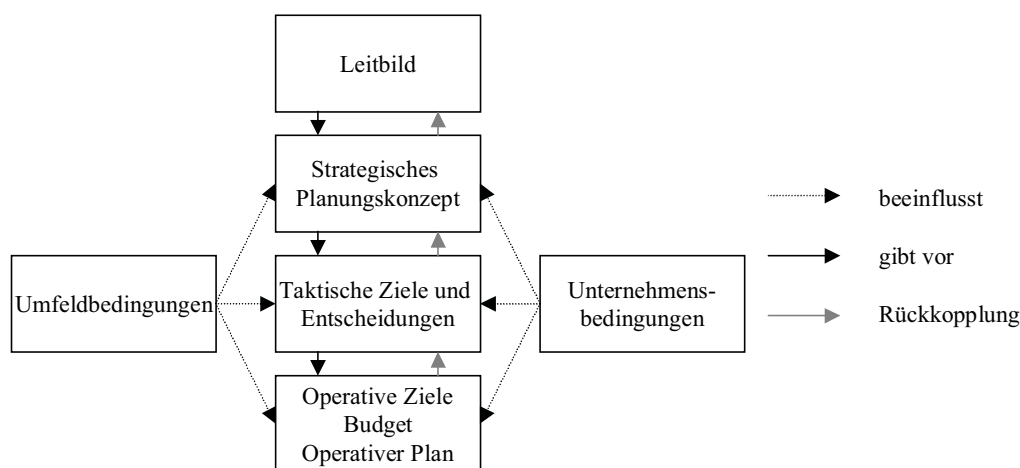


Abbildung 25: Beziehungen zwischen strategischer, taktischer und operativer Planung³¹⁶

Die Spielplangestaltung gehört zur taktischen Planung, die deswegen im weiteren Verlauf dieses Kapitels den Schwerpunkt der Betrachtung darstellt. Dennoch werden auch die strategische und operative Planung im Ansatz beschrieben, weil daraus Vorgaben für bzw. Anforderungen an die Spielplangestaltung entstehen, die bei der Betrachtung der taktischen Planung Berücksichtigung finden müssen.

2.3.2 Strategische Planung

Innerhalb der Strategischen Planung soll zwischen konstitutiven und laufenden Entscheidungen unterschieden werden. „Konstitutive Entscheidungen befassen sich mit Aufbau Problemen von Unternehmen im Gründungsstadium sowie mit grundlegenden Entscheidungen im Leben einer Unternehmung.“³¹⁷

Die konstitutiven Entscheidungen umfassen Entscheidungen über Gründung, Liquidation, Sanierung, die Standorte, die Rechts- und Betriebsform und Unternehmenszusammenschlüsse.³¹⁸ Diese Entscheidungen werden nicht von der Theaterleitung selbst, sondern von dem oder einem der Träger getroffen. Einer solchen Entscheidung geht regelmäßig ein politischer

³¹⁵ Adam, D., Planung, 1996, S. 317.

³¹⁶ Adam, D., Planung, 1996, S. 317.

³¹⁷ Bea, F. X., Entscheidungen, 2000, S. 330.

³¹⁸ Bea, F. X., Entscheidungen, 2000, S. 330.

Entscheidungsfindungsprozess voraus. Die politischen Vorgaben werden im Idealfall mit der Theaterleitung diskutiert. Einmal verabschiedet, sind sie aber für das Theater nicht mehr zu beeinflussen und müssen als Rahmenvorgaben für nachgelagerte Entscheidungen akzeptiert werden.

Die Entscheidungen über Gründung, Sanierung und Liquidation sollen zu einer Entscheidung zum Betrieb eines Theaters zusammengefasst werden.

Die Entscheidung für oder gegen ein Theater ist für eine Stadt von großer Bedeutung. Theater beanspruchen zwischen 30 % und 50 % des Kulturretats einer Gemeinde.³¹⁹ Neben der hohen absoluten Bedeutung trägt auch die zeitliche Reichweite einer solchen Entscheidung zu deren Bedeutung bei. Ein neues Theater mit einem neuen Ensemble zu schaffen, bedarf hoher Anschubinvestitionen und eines mehrjährigen Vorlaufes. Das Theater danach künstlerisch und beim Publikum zu etablieren, bedarf weiterer Jahre, bis mit einem geregelter Betrieb zu rechnen ist. Genauso kann ein bestehendes Theater nicht kurzfristig abgebaut werden, wobei sowohl mit vertragrechtlichen Hemmnissen als auch mit Widerstand des Publikums zu rechnen ist. Das bedeutet, dass durch diese Marktein- und -austrittsschranken die Theaterlandschaft selten Änderungen unterworfen ist.

Eine Sanierung im eigentlichen Sinne ist nur im Ausnahmefall notwendig, da die meisten Theater als Regiebetriebe betrieben werden und deshalb im Haushalt des Trägers aufgehen.³²⁰

Auch bei privaten Rechtsformen wird der Träger als Mehrheitseigner in der Regel Finanzmittel nachschießen, um eine Zahlungsunfähigkeit oder eine Überschuldung zu verhindern. An die Stelle von Sanierungen treten also bei angespannter Haushaltslage vielmehr Etat- und Angebotskürzungen, die aber den integralen Fortbestand des Theaters in der Regel nicht in Frage stellen.

In Bezug auf Standortfragen lassen sich verschiedene Ebenen identifizieren. Für ein Bundesland oder die Bundesrepublik ist die Entscheidung für eine Stadt als Standort im Rahmen der Strukturpolitik interessant, um die Stadt und die umliegende Region aufzuwerten. Dieser positive Effekt kommt durch die gestiegene Wohnattraktivität zustande, die diese Region als Standort für Unternehmen interessanter macht. Zusätzlich entstehen durch ein Theater für eine Stadt Arbeitsplätze und Steuereinnahmen.³²¹

Die Stadt selbst wird sich mit Standortfragestellungen nur befassen, um einen Standort innerhalb der Stadt zu finden. Damit ist die Auswahl der Standorte bereits grob festgelegt. Aus den herkömmlichen Katalogen von Standortfaktoren³²² sind also ausschließlich solche bedeutsam,

³¹⁹ Diese Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1989; vgl. Solf, G., *Theatersubventionierung*, 1993, S. 180-181. Damit ist der Spielraum für weitere Ausgaben im Bereich Kultur erheblich eingeschränkt; vgl. für den Fall Bremen die Analyse bei Hummel und Waldkircher: Hummel, M., Waldkircher, C., *Kulturfinanzierung*, 1990, S. 3-7.

³²⁰ Vergleiche die Ausführungen zu Brutto- und Nettobetrieben in Fußnote 66.

³²¹ Vergleiche Kapitel 2.2.1

³²² Als Beispiel siehe hier den Standortfaktorenkatalog von Behrens genannt, vgl. Behrens, K. C., *Standortbestimmungslehre*, 1971, S. 47-81.

die sich innerhalb einer Stadt überhaupt unterscheiden.³²³ Das Theater stellt deutlich andere Ansprüche als das produzierende Gewerbe, wodurch Faktoren wie beispielsweise die Transportkosten von Rohstoffen an Bedeutung verlieren. Bedeutsam für den Theaterstandort sind aber die Erreichbarkeit für die Zuschauer also die Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel und Parkmöglichkeiten, und der Wert der Immobilien. Schließlich muss auch die Lage und die Entfernung zu den Anbietern anderer Abendunterhaltung berücksichtigt werden. Dazu kommen Überlegungen der Stadtentwicklung. So kann die Stadt das Ziel verfolgen, einen Stadtteil durch die An siedlung des Theaters für andere Investoren attraktiver zu machen. Beispielsweise kann ein Theater in der Nachbarschaft interessant für den Betreiber eines Restaurants sein, da durch das Theater viele potenzielle Kunden angelockt werden.

Bei Gründung des Theaters wird gleichzeitig auch die Rechts- und die Betriebsform vom Theaterträger festgelegt.³²⁴ Auch wenn die Theaterschaffenden generell Rechtsformen mit höherer Eigenständigkeit für die Theater bevorzugen,³²⁵ können sie nur indirekt über den Träger Einfluss auf diese Entscheidung ausüben. Im Gegensatz dazu können einige der Vorteile der Betriebsformen eigenständig durch Bildung von Vorstellungsblöcken oder den Austausch von Inszenierungen mit anderen Theatern erreicht werden.³²⁶

Zur Strategischen Planung gehört die Suche nach Geschäftsfeldern, die nachhaltige Erfolgsmöglichkeiten versprechen und das Schaffen der Voraussetzungen, die Erfolgspotenziale auf diesen Geschäftsfeldern umsetzen zu können.

Das grobe Geschäftsfeld ist für Theater als konstitutives Merkmal festgeschrieben. Innerhalb der Vorführung von Bühnenkunst erfolgt noch die Festlegung auf Sparten. Also, ob es sich um ein reines Sprechtheater handeln soll, oder es durch ein Orchester und ein Ballet zu einem Musiktheater erweitert werden soll.³²⁷ Außerdem kommt ein spezielles Jugendtheater in Betracht.

Die Entscheidung über die Anzahl und die Auswahl der Spielstätten stellt bereits keine reine konstitutive Entscheidung mehr dar, weil Spielstätten im Sonderfall für einzelne Inszenierungen ausgesucht werden können.³²⁸ In der Regel werden die Spielstätten jedoch gleichzeitig mit der Standortwahl und der Planung des Theatergebäudes festgelegt.

Neben konstitutiven strategischen Entscheidungen fallen auch laufende Entscheidungsprobleme an, die aufgrund ihrer Bedeutung für die Erfolgspotenziale des Theaters den strategischen Entscheidungen zugerechnet werden müssen.

³²³ So sind Hebesteuersätze innerhalb einer Stadt identisch, nicht aber die Verfügbarkeit von Immobilien.

³²⁴ Vergleiche dazu die Ausführungen in Kapitel 2.2.1.

³²⁵ Vergleiche „Dispositionsfreiheit“ in Abbildung 13 auf S. 35.

³²⁶ Vergleiche dazu die Ausführungen in Kapitel 2.2.1 und insbesondere die Seiten ab S. 13.

³²⁷ In Ausnahmefällen existieren auch reine Musiktheater ohne Schauspielsparte.

³²⁸ Durch besondere Aufführungsorte - beispielsweise eine Freilichtbühne, eine Studiobühne oder eine Kirche - kann das Theater besondere Akzente setzen. Wichtig ist, dass der Raum akustisch, von der Größe und der Erreichbarkeit für die jeweilige Inszenierung angemessen ist.

Porter stellt dabei den Wettbewerb in den Mittelpunkt der Betrachtung.³²⁹ Ausschlaggebend für den Unternehmenserfolg sind dabei die Branchenrentabilität und die Unternehmensposition innerhalb der Branche. Wenn die Betrachtung der Branchenrentabilität als alleiniges Erfolgsmaß für ein Theater auch nicht ausreicht, so ist Porters Betrachtung doch interessant, weil sie die unterschiedlichen Kräfte, mit denen ein Theater im Wettbewerb steht, aufzeigt. Ausschlaggebend für die Branchenrentabilität sind im wesentlichen fünf Faktoren.³³⁰ Dabei handelt es sich zuerst um die Wettbewerber in der eigenen Branche. Für ein Theater sind das konkurrierende Theater. Diese Konkurrenz tritt stärker in großen Städten zutage, in denen es mehr als ein Theater gibt. In solchen Städten findet rege Konkurrenz um öffentliche Mittel und um Zuschauer statt, wodurch ein eigenständiges künstlerisches Profil notwendig wird. Für Theater kleinerer Städte, in deren Einzugsgebiet sie das einzige Theater sind, ist dieser Punkt von untergeordneter Bedeutung.

Potenzielle neue Konkurrenten sind in Branchen mit hohen Eintrittsbarrieren ein geringeres Problem. Hohe Eintrittsbarrieren entstehen u.a. durch hohen Kapitalbedarf in der Anlaufphase und hohe Spezifität der Investitionsgüter, da sich ein Theatergebäude nur bedingt für andere Veranstaltungen nutzen lässt. Die Finanzkrise öffentlicher Haushalte lässt eher eine Schrumpfung als ein Wachstum der Anzahl der Konkurrenten in dieser Branche erwarten.

In einer weiten Auffassung des Begriffs Lieferanten zählen dazu alle Menschen und Institutionen, die Inputgüter und -leistungen liefern.

Die Verhandlungsstärke der Lieferanten im technischen Bereich ist gering. Das gilt mindestens, solange die Theater den überwiegenden Teil ihrer handwerklichen Arbeiten selbst erstellen. Sollten die Werkstätten aus dem Theater ausgegliedert und ihre Aufgaben fremdvergeben werden, steigt die Abhängigkeit von den Anbietern deutlich an.

Gutes, renommiertes künstlerisches Personal auf der anderen Seite ist eher knapp und dadurch führt insbesondere die Konkurrenz um herausragende Solisten und künstlerische Verantwortungsträger wie Regisseure, Bühnenbildner und Dirigenten zu hohen Gagen.³³¹

Die Verhandlungsseite der Autoren wird von Rechteverwertungsgesellschaften wahrgenommen.

Auf Seiten der Abnehmer gibt es Zuschauerzusammenschlüsse, die versuchen ihren Einfluss bei der Gestaltung der Preispolitik und der Gestaltung des Spielplanes geltend zu machen.

³²⁹ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 24. Diese Konzentration auf die Umwelt der Unternehmung wird als marktorientierte Sicht bezeichnet; vgl. Keuper, F., Management, 2001, S. 24-27. Sie stellt dadurch eine andere Sicht als die ressourcenorientierte Sicht, die interne Fähigkeiten in den Mittelpunkt stellt, dar; vgl. Prahalad, C. K., Hamel, G., Competence, 1990, S. 79-91.

³³⁰ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 28-33 oder Porter, M. E., Wettbewerbsstrategie, 1999, S. 33-35.

³³¹ Hoegl stellt mehrere Modelle vor, die das Entstehen von Starphänomenen erklären und deren Auswirkungen für Theater darstellen; vgl. Hoegl, C., Ökonomie, 1995, S. 108-125. Schmidt und Walberer zeigen negative Folgen für die Finanzen und den Nachwuchs der Theater auf; vgl. Schmidt, T. E., Theater, 1995, S. 13 und Walberer, J., Groschen, 1996, S. 144.

Das sind insbesondere die unter dem Dachverband „Die Deutsche Volksbühne e.V.“ und die als „Theatergemeinden“ zusammengeschlossenen Zuschauer. Sie nehmen zusammen ungefähr ein Sechstel der Theaterkarten ab und gewährleisten so einen relativ stabilen Absatz in ihren Reihen.³³² Im Gegenzug fordern sie aber auch Preisnachlässe bis zu 30%.³³³

Ersatzprodukte stellen eine starke Konkurrenz für öffentliche Theater dar. Kino- und Konzert- und Sportveranstaltungen stellen nahe Substitute für Theaterbesuche dar. In einer weiteren Fassung des Begriffs Substitut kommen aber auch alle anderen Freizeitbeschäftigungen als Konkurrenzprodukte in Betracht.

Deswegen steht die Betrachtung der Abgrenzung zu alternativen Freizeitbeschäftigungen - etwa durch die Betonung des Charakters der Live Performing Arts - häufig im Zentrum der strategischen Betrachtung.³³⁴

Einen Überblick über die Wettbewerbskräfte liefert Abbildung 26.

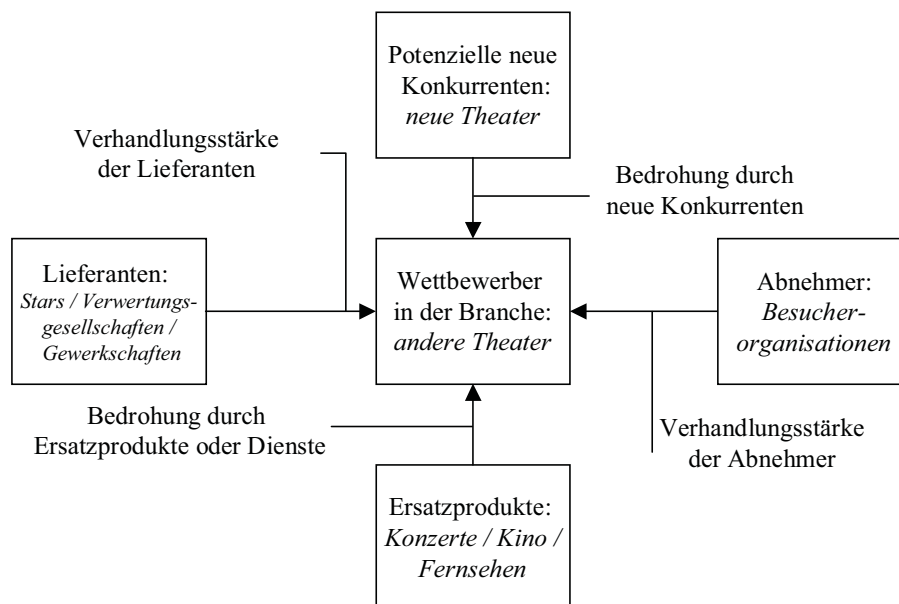


Abbildung 26: Wettbewerbskräfte innerhalb einer Branche³³⁵

Generell nennt Porter drei Strategietypen, um die Wettbewerbssituation eines Unternehmens innerhalb einer Branche zu verbessern: Konzentration, Kostenführerschaft und Differenzierung.³³⁶ Konzentration würde bedeuten, dass Theater ausschließlich einen Teil der Bevölkerung als Kunden betrachten dürften, weil sie aufgrund einer spezifischeren Bedienung dieses Segments Vorteile erwarten würden.³³⁷ Eine solche Konzentration wird als unvereinbar mit

³³² Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 27-28.

³³³ Hofmann, J., Handbuch, 1981, S. 89.

³³⁴ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 3.

³³⁵ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 28 oder Porter, M. E., Wettbewerbsstrategie, 1999, S. 34.

³³⁶ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 37-38 oder Porter, M. E., Wettbewerbsstrategie, 1999, S. 70-71.

³³⁷ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 41-44 oder Porter, M. E., Wettbewerbsstrategie, 1999, S. 75-77.

dem öffentlichen Auftrag angesehen.³³⁸

Kostenführerschaft anzustreben hieße, dem Theater einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen, indem durch Kosteneinsparungen niedrigerer Preise ermöglicht werden, die Kunden an das Theater binden sollen. Aus bereits diskutierten Gründen ist der Preis für einen Theaterbesuch nicht in dem hohen Maße von den Kosten abhängig, wie bei einem erwerbswirtschaftlichen Unternehmen.³³⁹ Deswegen kann durch die Senkung der Kosten ohne die durchschlagende Wirkung auf die Eintrittspreise kein Wettbewerbsvorteil errungen werden. Dadurch ist die Kostenführerschaft keine sinnvolle strategische Option.³⁴⁰

Als strategische Option bleibt einzig die Differenzierung übrig, durch die ein möglichst einzigartiger Nutzen für den Kunden geschaffen werden soll. Wenn der Kunde diesen Nutzen als solchen wahrnimmt, kann dadurch ein höherer Preis durchgesetzt werden oder die Bindung des Kunden an das Theater erhöht werden. Differenzierung kann nur dann funktionieren, wenn der Zusatznutzen nicht durch zu hohe Zusatzkosten erkaufte werden muss und er nicht leicht imitiert werden kann.³⁴¹

Differenzierung entsteht durch eine möglichst hohe Erfüllung der Publikumsbedürfnisse und über eine langfristige künstlerische Positionierung und Profilierung, wie sie in Kapitel 2.2.3 als entscheidender Einflussfaktor für künstlerischen Erfolg identifiziert werden konnte. Damit sind die langfristigen Vorgaben an die Spielplangestaltung über die Gewichtung zwischen Kunst und Unterhaltung, über die angestrebte Verteilung der Zuschauerschichten und die angestrebte Vielfalt und Qualität des Angebots die zentralen Stellgrößen der laufenden strategischen Planung.

In dem Fall, dass das Theater mit anderen Kulturinstitutionen um Haushaltsmittel konkurrieren muss, führt zusätzlich eine besonders hohe Erfüllung des öffentlichen Auftrages zu den gewünschten Differenzierungseffekten.

Das Potenzial, diese Vorgaben in der taktischen Planung umzusetzen, muss ebenfalls in der strategischen Planung geschaffen werden.

Entscheidungen darüber, ob Gastspiele angeworben werden sollen oder ob das Theater selbst seine Inszenierungen anderen Theatern anbieten soll, gehören genauso dazu wie Entscheidungen, ob gewisse Abteilungen ganz oder teilweise ausgegliedert werden sollen. Dabei kann es sich um unspezifische Tätigkeiten handeln - wie die Wäscherei oder die Pausengastronomie - aber es können auch spezifischere Aufgaben - wie Schreinerarbeiten für das Bühnenbild - auf ihre Eignung geprüft werden. Diese Entscheidungen können zu Entscheidungen über die Fertigungstiefe zusammengefasst werden.³⁴²

³³⁸ Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 2.2.1.

³³⁹ Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 2.2.1.

³⁴⁰ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 45.

³⁴¹ Porter, M. E., Wettbewerbsvorteile, 2000, S. 40-41 oder Porter, M. E., Wettbewerbsstrategie, 1999, S. 73-74.

³⁴² Die Möglichkeit, die Fertigungstiefe zu verringern, wird für unterstützende, wenig theaterspezifische

Zuletzt sind Entscheidungen über die Kapazitätsausstattung von strategischer Bedeutung, weil durch ihre Festlegung der Handlungsspielraum für einen langen Zeitraum in hohem Maße festgelegt wird. So werden durch die Größe, die Zusammensetzung und die Qualität des Ensembles Obergrenzen für den Spielplan festgelegt. In diesen Bereich gehört auch die Frage, ob und welche Stars an das Theater geholt werden sollen. Stars haben durch ihren hohen Wiedererkennungswert beim Publikum eine besondere Bedeutung für die Publikumsbindung und durch ihre Medienwirksamkeit für die Profilierung eines Theaters.³⁴³ Das Ensemble muss so zusammengesetzt sein, dass die unterschiedlichen Rollen und Gesangsstimmen in möglichst hohem Ausmaß aus dem eigenen Ensemble besetzt werden können.

Im Produktionsbereich ist analog die Anzahl der Arbeitskräfte in den Werkstätten entscheidend für den Aufwand, der für die Inszenierungen getrieben werden kann.

2.3.3 Taktische Planung

2.3.3.1 Darstellung der Spielplangestaltung

Im Mittelpunkt der taktischen Planung im Theater steht die Gestaltung des Spielplanes.³⁴⁴ Die Gestaltung des Spielplanes setzt sich aus den Teilaufgaben der Auswahl der Inszenierungen und der Erstellung des Inszenierungs- und des Aufführungsplanes zusammen.

Eichhorn definiert den Spielplan als die „Zusammenstellung der im Laufe einer oder mehrerer Spielzeiten neu zu inszenierenden, bei Repertoiretheatern auch die bereits einstudierten und lediglich wiederaufgenommenen Werke“.³⁴⁵

Im Verlauf dieser Arbeit soll unter dem Spielplan die Zusammenstellung der Stücke genau einer Spielzeit unabhängig davon, ob es sich um eine Wiederaufnahme oder eine Neuproduktion handelt, verstanden werden.

Der Spielplan stellt den Kernplan für das Spieljahr da, an dem sich alle nachfolgende Pläne orientieren müssen.³⁴⁶ Er stellt den Absatzplan des Theaters dar.³⁴⁷ Wenn bei seiner Erstellung das Zielssystem keine ausreichende Berücksichtigung findet, werden sich die negativen Konsequenzen daraus in allen darauf aufbauenden Plänen widerspiegeln.³⁴⁸

Neben der Auswahl der Stücke muss schon zu diesem Zeitpunkt jeweils der Regisseur und der Bühnenbildner festgelegt werden. Denn die Umsetzung der Stücke wird sich abhängig von diesen Entscheidungen stark unterscheiden. Ein Stück kann je nach den Vorlieben des künstlerisch Verantwortlichen sehr opulent ausgestattet und mit großer Besetzung oder eben

Prozesse - wie die Pausengastronomie - weniger kritisch gesehen als für Kernleistungen - wie die Inszenierungsprozesse in den Werkstätten; vgl. die Ausführungen auf S. 35.

³⁴³ Hoegl, C., *Ökonomie*, 1995, S. 108.

³⁴⁴ Almstedt, *Controlling*, S. 1998, S. 152.

³⁴⁵ Sandhack, M., *Spielplan*, 1992, S. 868.

³⁴⁶ Almstedt, M., *Controlling*, 1998, S. 152-153.

³⁴⁷ Hoegl, C., *Ökonomie*, 1995, S. 183.

³⁴⁸ Hoegl, C., *Ökonomie*, 1995, S. 183.

auch mit einem kargen Bühnenbild und kleiner Besetzung realisiert werden. Genauso muss schon zu diesem Zeitpunkt grob überprüft werden, ob die geplante Stückauswahl mit Hilfe der Kapazitäten des Theaters realisiert werden kann. Insbesondere wirken da das Ensemble, die Produktionskapazitäten und die vorgegebenen Budgets beschränkend. Um die Einhaltung dieser globalen Beschränkungen zu gewährleisten, wird jedem Stück ein Budget für Personal- und Sachkosten und eine Priorität für die Zuordnung von Schauspielern zugewiesen.

Neben den Neuinszenierungen werden regelmäßig Stücke aus dem letzten oder aus noch länger zurückliegenden Spieljahren wieder aufgenommen. Der Aufwand, der für diese Stücke getrieben werden muss, ist natürlich deutlich geringer, da im besten Fall ausschließlich einige Wiederaufnahmeproben durchgeführt werden müssen. Es ist auch für den Beginn des Spieljahres wichtig, bereits Stücke spielbereit parat zu haben, damit mit dem Vorstellungsbeginn nicht auf die Fertigstellung der ersten neuen Inszenierung gewartet werden muss.

Eng verwoben mit dem Spielplan ist der Haushalts- oder Wirtschaftsplan. Ob ein öffentliches Theater einen Haushalt- oder einen Wirtschaftsplan aufstellt, hängt von seiner Rechtsform ab. Regiebetriebe sind zur Aufstellung eines Haushaltsplanes verpflichtet. Eigenbetriebe demgegenüber erstellen einen Wirtschaftsplan. Eine GmbH kann zwischen diesen beiden Formen wählen.³⁴⁹ Zusammen stellen sie das bestimmende Planungsinstrument für Unternehmen im öffentlichen Bereich dar.

Der Haushaltsplan enthält die geplanten Einnahmen, Ausgaben und Verpflichtungsermächtigungen³⁵⁰ eines Jahres und stellt damit den jährlichen Finanzplan dar.³⁵¹ Der gesamte Haushalt wird vom Träger des Theaters aufgestellt. Der Haushaltsplan eines Theaters bildet einen Teilbereich. Der Haushaltsplan teilt sich nach sachlichen Gesichtspunkten in Kapitel und Titel.³⁵²

Neben dem Haushaltsplan wird in der Regel noch ein Finanz- und ein Stellenplan gefordert. Der Finanzplan stellt ein mehrjähriges Planungsinstrument dar, in dem die Einnahmen- und Ausgabenentwicklung sowie Investitionen erfasst werden. Er soll die mittelfristigen Konsequenzen der Haushaltspolitik abbilden.

Der Stellenplan schließlich enthält die Planstellen des Theaters.³⁵³

Durch die Verwendung des Haushaltsplanes entstehen für öffentliche Theater insbesondere folgende Probleme:³⁵⁴

- Durch die zentrale Planung der Haushaltsansätze, kann das Theater nur in geringem Um-

³⁴⁹ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 255.

³⁵⁰ Verpflichtungsermächtigungen stellen Genehmigungen zur Verpflichtung von Leistungen in zukünftigen Perioden dar. Auf diese Weise werden mehrjährige Projekte wie beispielsweise Bauvorhaben geplant; vgl. Eichhorn, P. (Hrsg.), Verwaltungslexikon, 1991, S. 862.

³⁵¹ Eichhorn, P. (Hrsg.), Verwaltungslexikon, 1991, S. 384-385.

³⁵² Borrmann, G.-F., Schwanenberg, M., Haushaltsplan, 1982, S. 176 oder Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 58.

³⁵³ Stein, F., Wirtschaftsplanung, 1982, S. 59.

³⁵⁴ Hofmann, J., Handbuch, 1981, S. 96-97 und Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 256-257.

fang Einfluss auf die einzelnen Haushaltsansätze ausüben.

- Die Titelgliederung für den gesamten Träger ist in der Regel nur mit Abstrichen für öffentliche Theater geeignet.
- Die Erstellung erfolgt häufig durch Fortschreiben vergangener Haushaltsansätze, wodurch Unwirtschaftlichkeiten und Inflexibilitäten entstehen.
- Ebenso kann die sachliche und zeitliche Bindung von Haushaltsansätzen oder ihre erschwerte Übertragung zu Inflexibilitäten führen.
- Durch die starke Fokussierung auf die jährliche Planung werden langfristige Überlegungen zu wenig berücksichtigt.
- Das Haushaltsjahr des Trägers, das in der Regel dem Kalenderjahr entspricht, stimmt nicht mit dem üblichen Spieljahr (Herbst bis Sommer) überein. Das erschwert die Planung von Inszenierungen, die zwei Haushaltsjahre berühren und es behindert die wirtschaftliche Bewertung von Spielplänen, weil ihre Auswirkungen auf zwei Haushaltspläne aufgeteilt ausgewiesen werden.

Der Wirtschaftsplan findet keinen direkten Eingang in den Haushalt des Trägers, vielmehr bildet er eine separate Anlage. Er teilt sich in den Erfolgsplan, den Finanz- oder Vermögensplan und die Stellenübersicht.³⁵⁵

Der Erfolgsplan enthält die geplanten Aufwände und Erträge. Er sollte in Form einer Gewinn- und Verlustrechnung gestaltet sein.

Der Finanz- oder Vermögensplan beinhaltet Einnahmen und Ausgaben, die sich auf Finanzanlagen und Verbindlichkeiten beziehen.

Die Stellenübersicht stellt eine vereinfachte Form des Stellenplanes dar.

Als wesentliche Vorteile der Verpflichtung, einen Wirtschaftsplan aufzustellen, gegenüber der Aufstellung eines Haushaltsplanes können folgende angeführt werden:

- Da das Theater den Wirtschaftsplan selbständig aufstellt, ist es nicht an Gliederungsvorschriften des Trägers gebunden. Die einzelnen Positionen können aufgrund der fehlenden Bindung an Haushaltspositionen flexibler gestaltet werden. Beispielsweise in der Form, dass die Kostenarten den Vorgaben der Kostenrechnung entsprechen.
- Durch den Wegfall der Verpflichtung zur strengen Deckungsfähigkeit der einzelnen Haushaltspositionen können Mittel übertragen werden, wodurch den Bedürfnissen des Theaters in höherem Maße Rechnung getragen wird. Diese Übertragung ist auch in folgende Perioden möglich, so dass ein höherer Anreiz für Sparmaßnahmen besteht. Dadurch werden längerfristige Denkweisen belohnt.
- Eine Abkopplung vom Haushaltsjahr ist prinzipiell nicht vorgesehen. Durch die Herauslösung aus dem Trägerhaushalt wäre sie aber leichter zu bewerkstelligen.

Die aus der Spielplanauswahl entstehenden Ausgaben erscheinen im Haushalts- oder Wirtschaftsplan unter den entsprechenden Kapiteln und Titeln und müssen den Vorgaben des Trä-

³⁵⁵ Eichhorn, P. (Hrsg.), *Verwaltungslexikon*, 1991, S. 961.

gers entsprechen.

Verantwortlich für die Auswahl des Spielplanes ist in aller Regel der Intendant des Theaters.³⁵⁶ Zusätzlich werden je nach Größe des Theaters, Leitungsmodell³⁵⁷ und Führungsstil Spartenleiter, der Verwaltungsdirektor, der Generalmusikdirektor, technische Vorstände, Dramaturgen und Vertreter der Belegschaft³⁵⁸ in den Entscheidungsprozess einbezogen.

Der noch sehr abstrakte Spielplan kann konkretisiert werden. Der in der Theaterpraxis stark betonten Zweiteilung zwischen Produktions- und Dienstleistungssystem folgend, die in Abbildung 27 veranschaulicht wird, soll dafür zwischen einem Inszenierungsplan und einem Aufführungsplan unterschieden werden. Der Inszenierungsplan regelt den Inszenierungsprozess im Produktionssystem, wohingegen der Aufführungsplan die Aufführungen im Dienstleistungssystem beschreibt. Sie stellen gemeinsam einen groben Produktionsplan dar und werden in der operativen Planung durch den technischen Arbeitsplan, den Probenplan und den Monatsplan verfeinert.

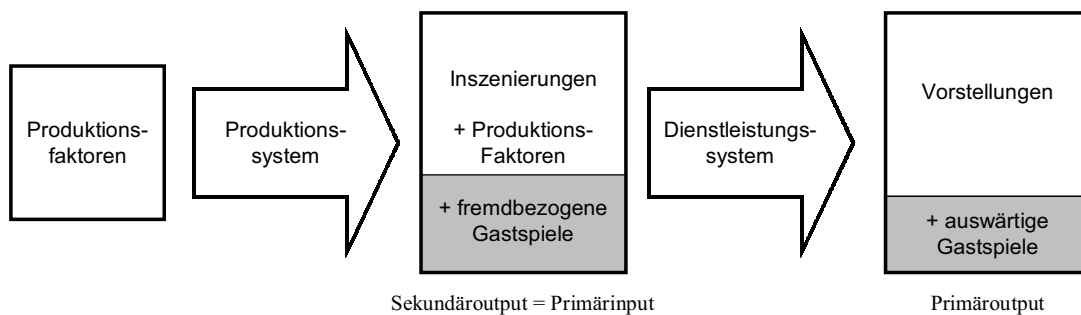


Abbildung 27: Dualität des Produktionsprozesses

Im Inszenierungsplan bilden die Premieren die Eckpunkte einer Spielzeit. Sie bestimmen, wann ein Inszenierungsprozess abgeschlossen sein muss. Der späteste Beginn eines Inszenierungsprozesses kann retrograd aus dem Premierentermin und der maximalen Inszenierungsdauer ermittelt werden. Der Inszenierungsplan gibt darüber Aufschluss, wie viel Zeit für eine Inszenierung vorgesehen ist und welche Inszenierungen parallel erstellt werden sollen. Bei parallelen Werkstätten wird festgelegt, welche Werkstätten für die einzelnen Inszenierungen zuständig sind.³⁵⁹ Die Inszenierungsreihenfolge ist meistens nahezu identisch mit der Premie-

³⁵⁶ Die Pflichten des Intendanten werden üblicherweise mit Hilfe des Intendantenmustervertrag des Deutschen Bühnenvereins in der Fassung vom 09. Dezember 1995 fixiert; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 33-34 oder Hofman, Handbuch, 1981, S. 156.

³⁵⁷ Vergleiche zu den unterschiedlichen Leitungsmodellen die Ausführungen auf S. 15.

³⁵⁸ Die betriebliche Mitbestimmung ist aufgrund des so genannten Tendenzschutzes eingeschränkt. Der Status des Theaters als künstlerischer Tendenzbetrieb folgt aus dem Urteil des Bundesarbeitsgerichtes vom 4.8.1981; vgl. Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 39.

³⁵⁹ Parallele Werkstätten treten hauptsächlich in der Form auf, dass die Werkstätten bestimmten Spielstätten zugewiesen werden. Beispielsweise kann ein Theater mit einer großen und einer kleinen Bühne je-

renreihenfolge. Allerdings besteht die Möglichkeit, in den Theaterferien, die bei den meisten Theatern im Sommer stattfinden, einige Inszenierungen im Voraus zu produzieren und damit einen Vorlauf vor den Aufführungen zu erlangen. Auf diese Art ist es möglich, die Auslastung der Werkstätten gleichmäßiger auf das Jahr zu verteilen und Spitzenbelastungen zu vermeiden. Diese Vorgehensweise lässt sich nur bedingt auf den schauspielerischen und den musischen Bereich übertragen, weil es nicht möglich ist, einstudierte Stücke in beliebiger Anzahl und Dauer zu speichern.

In den Werkstätten ist neben dem Budget pro Stück und den eingeplanten Werkstatttagen der Platz eine häufig nicht beachtete Restriktion. Ein komplettes Bühnenbild für mehrere Aufzüge zu lagern, nimmt einigen Raum in Anspruch. Deswegen können fertige Inszenierungen lediglich eingeschränkt gelagert werden. Nur große Theater können es sich leisten, einen Bestand an alten „Highlights“ in Magazinen aufzuheben. Inszenierungen, die nicht mehr aufgeführt werden und die nicht mehr wiederaufgenommen werden sollen, können in Teilen für neue Inszenierungsprojekte wiederverwendet werden.

Im Aufführungsplan sind die Zeiträume vermerkt, in denen die Inszenierungen zur Aufführung kommen. Zusätzlich sind die geplanten Aufführungshäufigkeiten festgelegt. Dabei sind insbesondere Absatzbeschränkungen zu beachten. In Abhängigkeit von der Art des Stückes, kann die Anzahl der Zuschauer deutlich schwanken. Dabei kann als Faustregel gelten, dass Stücke eine höhere Anziehungskraft ausüben, die entweder selbst oder deren Autoren bekannter sind, die „klassisch“ und nicht „modern“ inszeniert wurden und solche die generell einen eher unterhaltsamen Charakter haben. Natürlich gibt es für jeden dieser Punkte Gegenbeispiele, so dass die Voraussage, welches Stück attraktiv sein wird, hoher Unsicherheit unterliegt. Dazu kommen die Restriktionen, die aus dem Abonnementssystem entstehen. Üblicherweise wird den Abonnenten eine bestimmte Anzahl von Inszenierungen versprochen. Dann müssen diese Inszenierungen auch für jede Abonentengruppe aufgeführt werden, selbst wenn der Publikumserfolg hinter den Erwartungen zurückbleibt.³⁶⁰ Im Gegenzug werden durch das Abonnement eine hohe Bindung an das Theater und dadurch relativ gesicherte Einnahmen möglich. Lösungen wie die Theatercard, deren Erwerb den „Abonnenten“ das Recht auf den Besuch einer bestimmten Anzahl von Aufführungen einräumt, sind Möglichkeiten, die Absatzpolitik flexibler zu gestalten.

Im künstlerischen Bereich erwachsen die stärksten Restriktionen aus der Verfügbarkeit der Künstler, auch wenn die Anwesenheit der Mehrheit des Ensembles relativ unproblematisch

weils eine Schreinerei und eine Bühnentechnikabteilung für beide Bühnen haben. Typischerweise werden dann die Inszenierungen zu den Werkstätten der Bühne zugeordnet, für die die Inszenierung bestimmt ist. Dadurch werden Transportwege etc. vermindert. Die Kapazitätsauslastung wird zwischen den Werkstätten gleichen Typs dadurch ausgeglichen, dass Mitarbeiter temporär einer anderen Werkstatt zugewiesen werden.

³⁶⁰ Hoegl, C., *Ökonomie*, 1995, S. 159.

ist, weil die meisten Schauspieler und Musiker vertraglich residenz- und spielflichtig sind.³⁶¹ Schwierigkeiten entstehen in höherem Maße durch die so genannten Gäste. Das sind Schauspieler oder Musiker, die nicht dem Ensemble angehören und für Hauptrollen als Solobesetzungen für eine Inszenierung einzeln unter Vertrag genommen werden. Bei diesen Gästen handelt es sich meistens um Solisten mit hohem Bekanntheitsgrad.³⁶² Diese Stars sind häufig an mehreren Theatern gleichzeitig unter Vertrag, so dass die Proben- und Aufführungspläne mehrerer Theater aufeinander abgestimmt werden müssen, was die Planungskomplexität nochmals erhöht.

Daneben müssen die Restriktionen über die Verfügbarkeit von Bühnen und der Bühnentechnik, die für die Umbauten und Einrichtungen des Bühnenbildes zuständig ist, beachtet werden.

Für die Gestaltung des Inszenierungsplanes ist der Intendant in Zusammenarbeit mit dem technischen Direktor verantwortlich. Für den Aufführungsplan ist entweder wieder der Intendant oder der jeweilige Spartenleiter zuständig. Die Feinplanung kann u. U. an ein künstlerisches Betriebsbüro delegiert werden, das auch die operative Umsetzung übernimmt.

2.3.3.2 Formalisierung der Spielplangestaltung

Die Anwendung mathematischer Methoden - wie sie in Kapitel 3 angestrebt wird - setzt voraus, dass die Problemstellung in einer Form vorliegt, die mathematischer Bearbeitung zugänglich ist. Dafür wird in einem mehrstufigen Prozess ein Formalmodell gebildet.

Der Prozess beginnt, indem der Ausschnitt aus der Realität bestimmt wird, der das Problem vollständig beschreibt. Alle weitere Aspekte der Realität sollten durch einen kontrollierten Abstraktionsprozess vernachlässigt werden.

Dieser Realitätsausschnitt wird in mathematischer Sprache formuliert zum mathematischen Modell.³⁶³ Das mathematische Modell wird zusammen mit der Zielvorstellung des Realproblems zum Formalmodell. Sollte das Formalmodell nicht oder nur unter unwirtschaftlichem Aufwand zu lösen sein, kann das Modell in einem Relaxationsprozess vereinfacht werden, bis es einer Lösung zugeführt werden kann. Anschließend wird die Lösung des Formalproblems auf das Ausgangsproblem übertragen.³⁶⁴

Lässt sich jeder relevante Zustand der Realität in dem Modell abbilden, ist es monomorph. Steht zusätzlich auch allen möglichen Ausprägungen des Modells ein Zustand in der Realität gegenüber und lassen sich insbesondere mögliche Lösungen in die Realität zurückübertragen, ist das Modell isomorph.³⁶⁵

³⁶¹ Siede-Hiller, C., Kunstfreiheit, 1981, S. 37.

³⁶² Vergleiche die Ausführungen in Fußnote 343.

³⁶³ Auf den Begriff des Modells wird im Zusammenhang mit der Modell- und Methodenkomponente des Entscheidungsunterstützungssystems noch näher eingegangen; vgl. Kapitel 4.2.3.

³⁶⁴ Müller-Merbach, H., Operations, 1973, S. 14-15.

³⁶⁵ Biethahn, J., Hönerloh, A., Kuhl, J., Nissen, V., Methoden, 2000, S. 19.

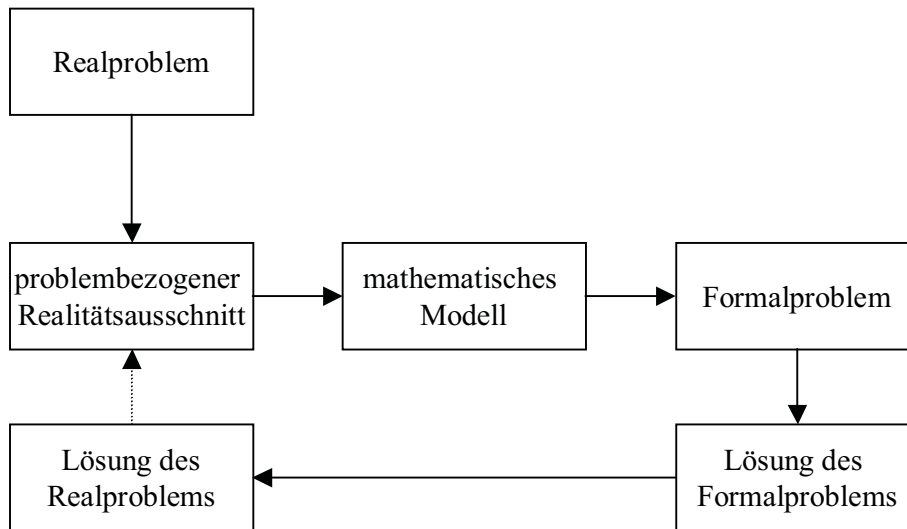


Abbildung 28: Vorgehensweise der Planung mit mathematischen Modellen³⁶⁶

Dieser Prozess soll nun für das Realproblem „Spielplangestaltung“ beispielhaft durchgeführt werden. Es ist wichtig, zu verstehen, dass die Modellbildung Teil des Lösungsprozesses ist und in jedem Theater von Neuem durchgeführt und jedes Jahr überprüft werden muss. In jedem Theater wird ein anderes Modell entstehen, in dem weitere Nebenbedingungen oder Ziele berücksichtigt werden oder von der Betrachtung ausgeschlossen werden.

Als relevanter Realitätsausschnitt sollen die Ausführungen des Kapitels 2.3.3.1 gelten.

Die Entscheidung, die im Kern zu treffen ist, ist die Auswahl der Stücke aus einer Vorauswahl von in Frage kommenden Inszenierungen. Die Gesamtheit aller denkbaren Stücke ist zu umfangreich, um sie nach möglichen Kandidaten für den Spielplan zu durchsuchen. Der Umfang steigt noch an, da ein Stück auch von unterschiedlichen Regisseuren und Bühnenbildnern inszeniert werden kann und diese Kombinationen als unterschiedliche Stücke aufgefasst werden sollen. Eine Vollenumeration ist auch deshalb nicht sinnvoll, weil für jedes Stück Informationen über ihren Ressourcenbedarf und ihren Beitrag zur Zielerreichung ermittelt werden müssten, was für Stücke, die von vornherein abgelehnt werden können, mühselig ist. Eine Einschränkung des Suchraumes fällt in vielen Fällen nicht schwer, wenn Inszenierungen nicht zum Motto eines Spielplanes passen, erst vor kurzem oder in der Nähe aufgeführt wurden oder die Rechte an ihnen nicht erhältlich sind. Die Vorauswahl zu erstellen, ist ein kreativer Prozess, bei dem formale Methoden nur ungenügende Unterstützung leisten können.³⁶⁷ Es sei angenommen, dass die Variablen x_i angeben, ob das i -te Stück in den Spielplan aufgenommen werden soll. Dabei soll eine Eins für die Aufnahme und eine Null dagegen sprechen. Es seien I Inszenierungen in der Vorauswahl.

³⁶⁶ Müller-Merbach, H., Operations, 1973, S. 14.

³⁶⁷ Vergleiche die Ausführungen zur Alternativengenerierung im Kapitel 2.4.4.

Im mathematischen Modell ergibt das:

$$x_i \in \{0;1\} \quad \forall i$$

mit: $i \in \{1, \dots, I\}$

Der zulässige Raum für die Spielplangestaltung wird durch die Budgets für Personal- und Sachkosten³⁶⁸, durch die Schauspieler und durch die Produktionskapazitäten beschränkt. Das Personalbudget wird für festangestellte Schauspieler, Musiker, technische, Verwaltungs- und leitende Angestellte verwendet. Die inszenierungsbezogen angeworbenen Künstler werden überraschenderweise den Sachkosten zugerechnet. Dadurch ist das Personalbudget relativ unabhängig vom Spielplan. Das Sachkostenbudget umfasst sowohl die Sachkosten, die in der Inszenierungsphase anfallen - wie Materialkosten oder externe Bühnenbildner - als auch die der Aufführungsphase - wie Requisiten, die während der Vorstellung verbraucht werden, oder externe Bühnenkünstler. Weiterhin dürfen nicht mehr Schauspieler oder Handwerker eingeplant werden, als zu Verfügung stehen.

Für jede Inszenierung (i) muss für jede der Nebenbedingungen (m) geschätzt werden, wie groß ihre Kapazitätsinanspruchnahme (a_{im}) sein wird. Unter Berücksichtigung der Kapazitätsgrenzen (b_m) lauten diese Nebenbedingungen:

$$\sum_{i=1}^I a_{im} x_i \leq b_m \quad \forall m$$

mit: $m \in \{1, \dots, M\}$

Die Nebenbedingungen für Schauspieler oder Handwerker können in Manntagen angegeben werden. Diese Nebenbedingungen sind in dieser Form noch sehr grobe Annäherungen an die Realität. Sie können verfeinert werden, indem für jede Werkstatt (Schreinerei, Schlosserei etc.) eine einzelne Nebenbedingung angelegt wird.³⁶⁹ Es kann auch bereits für jede Inszenierung eine vorläufige Besetzung vorgenommen werden, so dass erkannt werden kann, wie viele Schauspieler kurzfristig unter Vertrag genommen werden müssen. Mit jeder Verfeinerung der Nebenbedingungen steigt natürlich der Aufwand für die Datenermittlung und die rechnerische Lösung des Problems.

Abonnenten werden häufig eine gewisse fixe Anzahl an Inszenierungen (b_{Ab0}) versprochen.

³⁶⁸ Der im Theater übliche Begriff der „Sachkosten“ ist irreführend, weil keine korrekte Abgrenzung zu Aufwand oder Auszahlungen stattfindet. Es handelt sich um den Inszenierungen zurechenbare Auszahlungen. Für eine verursachungsgerechte Kostenbudgetierung müssten den Inszenierungen die Kosten der Festangestellten, Abschreibungen und Raumkosten ebenfalls zugerechnet werden. Die Kostenrechnung ist dafür aber in den meisten Häusern nicht ausreichend ausgebaut; vgl. Kapitel 1.1. Werden die Sachkosten in ihrer derzeitigen Abgrenzung als Entscheidungsgröße herangezogen, werden arbeitsintensive Inszenierungen als günstiger eingeschätzt, als sie wirklich sind.

Da die Budgetansätze des Trägers für „Personal- und Sachkosten“ bindend sind, müssen diese Nebenbedingungen auf jeden Fall berücksichtigt werden, auch wenn zusätzlich eine korrekte Kostenrechnung durchgeführt werden soll.

³⁶⁹ Da die einzelnen Werkstätten ungefähr in dem Verhältnis mit Personal ausgestattet werden, wie sich auch die Arbeit aufschlüsselt und da bei einzelnen Engpässen Handwerker „ausgeliehen“ werden können, soll hier auf diese Aufspaltung verzichtet werden.

Daraus ergibt sich eine Nebenbedingung in der Form:

$$\sum_{i=1}^I x_i \geq b_{\text{Abo}}$$

Eine Obergrenze an Stücken ergibt sich durch die Kapazitätsbeschränken und braucht deswegen nicht explizit angegeben zu werden.

Zusammen mit den Zielfunktionen entsteht mit dem mathematischen Modell das Formalmodell.

Als wirtschaftliche Zielgröße kommt der inszenierungsbezogene Deckungsbeitrag in Betracht.³⁷⁰

Die Publikumsbedürfnisse werden sich am stärksten in den direkten erwarteten Zuschauerzahlen widerspiegeln. Es bietet sich allerdings auch an, die Zuschauerzahlen nach Merkmalen zu unterteilen und so eine differenziertere Ansprache der Kundensegmente sicherzustellen.³⁷¹

Für die Berücksichtigung der Kunst und des öffentlichen Auftrages kommen Notensysteme wie in Kapitel 2.2.3 dargestellt in Frage.

Allgemein ist hier angenommen, dass sich die Gesamtzielerreichung für jedes Ziel (j) als eine Summe der Beiträge (c_{ij}) über die einzelnen Inszenierungen ergibt.

$$\sum_{i=1}^I c_{ij} x_i \Rightarrow \max!$$

mit: $j \in \{1, \dots, k\}$

An die Stelle von Maximierungsbedingungen treten häufig Untergrenzen (z_j), die angeben, ab welchem Grad der Zielerreichung die Ziele als ausreichend erfüllt gelten. Simon bezeichnet solche Ziele als Satisfizierungsziele.³⁷²

In dem entsprechenden Formalmodell werden die Zielfunktionen teilweise oder vollständig durch Nebenbedingungen ersetzt.

$$\sum_{i=1}^I c_{ij} x_i \geq z_j \quad \text{für ausgewählte } j$$

Werden alle Ziele durch Nebenbedingungen ersetzt, entfällt die eigentliche Optimierung, an deren Stelle die Suche nach mindestens einer zulässigen Lösung tritt.

Die summarische Zielbetrachtung ist eine grobe Vereinfachung, da Argumente wie: „Stück a passt nicht gut zu Stück b“ oder „der Spielplan ist nicht abwechslungsreich genug“ von diesem Formalmodell nicht berücksichtigt werden. Die Formalisierung solcher Zusammenhänge wäre allerdings sehr aufwändig, so dass empfohlen wird, die Betrachtung dieser Sachverhalte vollständig in der Verantwortung des künstlerisch Verantwortlichen zu belassen.

³⁷⁰ Vergleiche die Ausführungen auf S. 56. Zu weiteren Möglichkeiten die wirtschaftlichen Theaterziele zu operationalisieren; vgl. Kapitel 2.2.3.

³⁷¹ Es ist weiterhin denkbar, für jedes identifizierte Segment Mindestanteile an den gesamten Zuschauern in Form von zusätzlichen Nebenbedingungen anzugeben und so deren angemessene Berücksichtigung sicherzustellen. Weitere Möglichkeiten zur Operationalisierung der Publikumsbedürfnisse finden sich in Kapitel 2.2.3.

³⁷² Simon, H. A., Decision Making, 1979. S. 493-512.

Daraus folgt, dass die Ergebnisse der formalen Optimierung nicht unbesehen übernommen werden können. Vielmehr handelt es sich dabei um Vorschläge, deren Zulässigkeit und Zielangemessenheit nochmals gründlich überprüft werden müssen und die in der Regel noch eine erhebliche Nachbearbeitung erfahren. Diese Nachbearbeitung kann in Form von neuen Gewichtungen, der Suche nach weiteren Inszenierungen oder neue Nebenbedingungen erfolgen. So kann der Entscheidungsträger bereits zum Zeitpunkt der Modellierung durch Nebenbedingungen einige Entscheidungen vorweg in das Modell aufnehmen. Abbildung 29 zeigt beispielhaft einige Möglichkeiten der Einflussnahme.

Die endgültige Lösung entsteht dann nach einem wiederholten Zyklus aus Anpassung der Modellierung und erneuter Optimierung, bis der Entscheidungsträger die Lösung als akzeptabel empfindet.

Festlegung: Im Spielplan ist/ bzw. sind...	logische Darstellung	Nebenbedingung
• Stück i' ³⁷³	i'	$i' = 1$
• nur eines von i' und i'' ³⁷⁴	$\neg(i' \wedge i'')$	$i' + i'' \leq 1$
• i' und i'' nur gemeinsam ³⁷⁵	$(i' \wedge i'') \vee (\neg i' \wedge \neg i'')$	$i' = i''$
...enthalten.		

Abbildung 29: Inszenierungsfestlegungen während der Modellierung

Das Formalmodell soll in seiner einfachsten Form nochmals im Zusammenhang angeführt werden:

$$\begin{array}{l}
 \sum_{i=1}^I c_{ij} x_i \Rightarrow \max! \\
 \text{u.d.N.:} \\
 \sum_{i=1}^I a_{im} x_i \leq b_m \quad \forall m \\
 x_i \in \{0;1\} \quad \forall i \\
 \text{mit:} \\
 i \in \{1, \dots, I\}; j \in \{1, \dots, k\} \text{ und } m \in \{1, \dots, M\}
 \end{array}$$

Abbildung 30: Formalmodell zur Inszenierungsauswahl

³⁷³ Dieser Fall tritt ein, wenn die Aufnahme eines Stückes bereits zum Zeitpunkt der Modellierung feststeht. Der Rechenaufwand sinkt, wenn der Kapazitätsbedarf und die Zielbeiträge des Stückes fix abgezogen bzw. addiert werden und die Problemvariable entfernt wird.

³⁷⁴ Dieser Fall entsteht, wenn ein Stück mit verschiedenen Regisseuren zur Auswahl steht, aber es nicht zweimal in den Spielplan aufgenommen werden soll.

³⁷⁵ Dieser Fall entsteht, wenn zwei Stücke aufeinander Bezug nehmen und alleine ihre Wirkung verlieren würden. Der Rechenaufwand sinkt, wenn sie zu einer Problemvariable zusammengefasst werden, deren Kapazitätsbedarf und Zielbeiträge sich aus der Summe der beiden Stücke ergibt.

Im zweiten Teil der Spielplangestaltung, der Inszenierungs- und Aufführungsplanung stehen die Stücke, die zur Aufführung kommen sollen, bereits fest. Sie sind das Ergebnis der Inszenierungsauswahl. Die Inszenierungsreihenfolge und die Zeiträume, die für den Inszenierungsprozess benötigt werden dürfen, werden in der Inszenierungsplanung durch die Premierentermine festgelegt. Danach wird in der Aufführungsplanung die Anzahl der Aufführungen pro Inszenierung festgelegt. Da nicht alle Werkstätten die Arbeiten an einer Inszenierung gleichzeitig beenden, kommt es zu Übergangszeiten zwischen angrenzenden Inszenierungen mit Überlappungen im Inszenierungsprozess. Analoges gilt bei den Proben, insbesondere da nicht alle Schauspieler an allen Inszenierungen beteiligt sind. Trotzdem werden die Inszenierungen in der Hauptsache sequenziell abgearbeitet. Da die Premieren früh genug liegen müssen, um alle geplanten Aufführungen terminieren zu können, sollten Premierentermine und Aufführungsanzahlen gleichzeitig geplant werden.

Es sind also die Reihenfolge der Inszenierungen (i) in Form von Premierenterminen (t_{pi}) und die Anzahl der Aufführungen (x_i) zu planen. Dafür gelten folgende Wertebereiche:

$$x_i \geq 0$$

$$t_{pi} \in [0;T]$$

T bezeichnet dabei das Ende des Planungszeitraumes. Die Premierentermine und das Ende des Planungszeitraumes können als Kalendertage angegeben werden.

Es ist zu beachten, dass jeder Inszenierungsprozess vor der ersten Aufführung beendet, d. h. die Proben und Inszenierungsarbeiten bis zur Premiere abgeschlossen und alle geplanten Aufführungen in den Aufführungsplan passen müssen:

$$\sum_{i|t_{pi} < t} a_i \leq t \cdot b \quad \forall t \quad ^{376}$$

$$\sum_{i|t_{pi} \geq t} x_i \leq (T - t)d \quad \forall t$$

Dabei bezeichnet a_i den Inszenierungsaufwand der Inszenierung i , b die Kapazität der Werkstätten pro Zeiteinheit und d die Anzahl der möglichen Aufführungen pro Zeiteinheit.

Die wiederaufgenommenen Stücke sollten einen Inszenierungsaufwand von null erhalten, so dass ihr Aufführungsbeginn gleich zu Beginn des Planungszeitraumes liegen kann.

Zusätzlich können durch Abonnementsgruppen Untergrenzen (\underline{b}_i) und durch die maximal zu erwartenden Zuschauer Obergrenzen (\bar{b}_i) für die Aufführungsanzahlen vorgegeben sein:

$$\underline{b}_i \leq x_i \leq \bar{b}_i$$

Als Ziele werden entsprechende Ziele wie bei der Spielplanung mit dem Unterschied, dass aufführungsbezogene Deckungsbeiträge oder Zuschauerzahlen betrachtet werden, angewandt.

$$\sum_{i=1}^I c_{ik} x_i \Rightarrow \max!$$

mit: $k \in \{1, \dots, K\}$

Weitere Zielsetzungen, wie etwa eine Auslastungsnivellierung über das Spieljahr seien hier

³⁷⁶ Die Formel „ $i | t_{pi} < t$ “ soll als „Die Inszenierungen, deren Premierentermin vor t liegt“ gelesen werden.

nicht weiter berücksichtigt. Genauso bleibt unberücksichtigt, ob die Inszenierungen einer inhärent sinnvollen Reihenfolge³⁷⁷ gehorchen oder Inszenierungen für ihre Jahreszeit³⁷⁸ oder als Spieljahrauftakt oder -höhepunkt geeignet sind.

Daraus folgt, dass die Ergebnisse der formalen Optimierung genauso einer kritischen Überprüfung und einer Nachbearbeitung bedürfen wie die Ergebnisse der Stückauswahl.³⁷⁹

Insgesamt ergibt sich das kombinierte Formalmodell aus Inszenierungs- und Aufführungsplanung zu:

$$\sum_{i=1}^I c_{ij} x_i \Rightarrow \max!$$

mit:

$$j \in \{1, \dots, k\}$$

u. d. N.:

$$\sum_{i|t_p < t} a_i \leq t \cdot b \quad \forall t$$

$$\sum_{i|t_p \geq t} x_i \leq (T - t)d \quad \forall t$$

$$\underline{b}_i \leq x_i \leq \bar{b}_i$$

$$x_i \geq 0^{380}$$

$$x_i \in \mathbb{Z}$$

$$t_{pi} \in [0; T]$$

Abbildung 31: Kombiniertes Formalmodell aus Inszenierungs- und Aufführungsplanung

Da für beide formalen Problemmodelle keine Lösungsmethoden existieren, die sie in endlicher Zeit sicher lösen, kommen ausschließlich heuristische Verfahren für die Optimierung in Betracht.³⁸¹ Deswegen werden in Kapitel 1 Evolutionäre Algorithmen als Methode zur Lösung des Spielplangestaltungsproblems vorgestellt.

2.3.4 Operative Planung

Die operative Planung dient der Umsetzung der Spielplangestaltung. Dazu werden der Inszenierungs- und Aufführungsplan durch die technische Planung und die Proben- und Monatsplanung konkretisiert.

In der technischen Arbeitsplanung werden die technischen Abläufe der Werkstätten geplant,

³⁷⁷ Beispielsweise baut im „Ring der Nibelungen“ von Richard Wagner eine Oper auf die andere auf und sie sollten nicht anders als in der vorgesehenen Reihenfolge aufgeführt werden.

³⁷⁸ Das Optimum dieses Formalproblems könnte beispielsweise vorsehen, ein Weihnachtsmärchen im Mai aufzuführen.

³⁷⁹ Vergleiche Kapitel 2.3.3.2.

³⁸⁰ Die Nichtnegativitätsbedingungen können entfallen, wenn Untergrenzen für die Inszenierungen angegeben sind.

³⁸¹ Vergleiche für die Aufwandabschätzung von Rucksack- und gemischt ganzzahligen Problemen Garey, M. R., Johnson, D. S., Computers, 1979, S. 245-247.

die das Bühnenbild, die Requisiten, die Kostüme und die technische Einrichtung - wie die Beleuchtung und den Ton - erstellen. Dafür unterhalten Theater eine Reihe von Werkstätten, die am Inszenierungsprozess mitwirken.³⁸² So unterhalten große Theater neben Werkstätten für Schreiner, Schlosser, Maler, Schneider, Requisiteure, Bühnentechniker und Maskenbildner auch ungewöhnliche Handwerker wie Waffenmeister oder Putzmacher.³⁸³ Aufgrund des umfangreichen Beziehungsgeflechts zwischen den Werkstätten ist eine autonome Planung nicht sinnvoll. Es ist denkbar, dass große Kulissen im Grundgerüst von der Schlosserei geschweißt, von der Schreinerei verkleidet und in ihre entgültige Form gebracht und von der Malerei farblich gestaltet werden. Danach müssen unter Umständen noch Lampen oder andere Verzierungen angebracht und Verkabelungen vorgenommen werden. Diese Interdependenzen sollten mit Hilfe eines Netzplanes abgebildet werden.³⁸⁴ Dieser Netzplan sollte als Schnittstelle zur Probenplanung auch die Kostüm-, und die Generalprobe enthalten, weil zu diesen Zeitpunkten die Kostüme bzw. das Bühnenbild spätestens fertiggestellt sein müssen.³⁸⁵ Wenn der Inszenierungsprozess abgeschlossen ist, werden die Aufführungen von der Bühnentechnik begleitet. Die Bühnentechnik orientiert sich an den Aufführungszeiten, um die Umbauten der verschiedenen Bühnenbilder – teils zwischen den Aufzügen, teils zwischen den Aufführungen – durchzuführen.

Der technische Arbeitsplan wird von der technischen Leitung erstellt.

Unter dem Monatsplan soll die Zusammenstellung von konkreten Aufführungen mit Aufführungsdaten, -orten und der Besetzung verstanden werden. Der Aufführungsort ist nur dann von besonderem Interesse, wenn eine Inszenierung für mehrere Spielstätten geeignet ist. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn es geplant ist, mit dieser Inszenierung „Abstecher zu fahren“, d. h. Gastspiele in den Theatern anderer Städte aufzuführen. Die Besetzung ist dann von besonderem Interesse, wenn für diese Inszenierung die Rollen doppelt besetzt sind. Dies ist bei Stücken, die häufig gespielt werden sollen, und insbesondere bei Opern der Fall, da Gesangspartien erheblich längere Regenerationsphasen benötigen als reine Sprechrollen.

Die Vorstellungen müssen so angeordnet werden, dass sie den Besuchsgewohnheiten des Publikums möglichst gut entsprechen, denn davon hängt die Bereitschaft der Zuschauer, ins Theater zu gehen, in hohem Maße ab.³⁸⁶

Darüber hinaus kann durch geschicktes Anordnen der Vorstellungen und Proben der Umbauaufwand gesenkt werden.

Als letztes und nachrangiges Ziel sei genannt, dass es für Schauspieler vorteilhaft ist, wenn sich ihre Arbeit in relativ dicht belegte und wenige ganz leere Zeiträume aufteilt, weil dadurch die Möglichkeit besteht, Gastrollen an anderen Theatern zu übernehmen.

³⁸² Eilerts, M., Propach, J., Projektcontrolling, 2002, S. 67.

³⁸³ Putzmacher erstellen Hüte und Perücken (der Verfasser).

³⁸⁴ Almstedt, M., Controlling, 1998, S. 89-92 oder Konermann, B., Theater, 1986, S. 64.

³⁸⁵ Eilerts, M., Propach, J., Projektcontrolling, 2002, S. 71.

³⁸⁶ Martin, U., Typologisierung, 1999, S. 238.

Der Probenplan umfasst alle Proben, die benötigt werden, um die Inszenierungen so einzuüben, dass sie vorgeführt werden können. Dabei kann es um das erstmalige Einstudieren oder um Wiederaufnahmeproben handeln, die gewöhnlich schneller vonstatten gehen.

Bei der Anordnung der Vorstellungen und Proben muss beachtet werden, dass kein Schauspieler, Musiker und auch keine Bühne zu einem Zeitpunkt mehrfach eingeplant ist. Das ist insbesondere bei der Probenplanung schwierig, wenn zu einem Zeitpunkt an mehreren Inszenierungen geprobt wird und - insbesondere bei einem kleinen Ensemble – viele Schauspieler in mehreren Stücken gleichzeitig Rollen übernehmen. Während es durchaus möglich ist, mehrere Szenen verschiedener Schauspielstücke gleichzeitig zu proben, solange niemand mehrfach eingeplant wird, ist es natürlich unmöglich, einen der künstlerischen Gesamtkörper (Orchester, Chor) gleichzeitig an mehreren Stücken arbeiten zu lassen. Natürlich muss der Probenplan den Monatsplan berücksichtigen, so dass keine Probe zu einer Überschneidung mit einer Vorstellung führt. Schließlich müssen die gesetzlichen Ruhezeiten, die für Musiker und Schauspieler zwischen ihren Einsätzen einzuhalten sind, berücksichtigt werden.³⁸⁷ Da die Koordination der Schauspieler und Proberäume schnell sehr komplex werden kann, existiert in den meisten Theatern ein eigens dafür eingerichtetes künstlerisches Betriebsbüro.

Abbildung 32 zeigt das Planungssystem öffentlicher Theater zusammengefasst. Grau unterlegt sind dabei die Ausschnitte, die die Spielplangestaltung nur mittelbar berühren.

³⁸⁷ Siede-Hiller, C., *Kunstfreiheit*, 1981, S. 37.

Planungsinhalt	Ziele	Variable	Nebenbedingungen	Planungszeitraum	Entscheidungsträger	Ebene
konstitutive Rahmenplanung	Öffentlicher Auftrag	Standorte, Sparten, Spielstätten, Rechts- u. Betriebsform, Budget	Haushalt des Theaterträgers	spielzeitübergreifend	Theaterträger	strategisch konstitutiv
strategische Planung	Kunst, öffentlicher Auftrag, Publikumsbedürfnisse, Wirtschaftlichkeit	künstler. Ausrichtung, Ensembleauswahl und -größe, Fertigungskapazität u. -tiefe	Finanzplan bzw. Budget	spielzeitübergreifend	Theaterleitung Intendant	strategisch laufend
Spielplanplanung Haushaltsplan- bzw. Wirtschaftsplanplanung	Kunst, öffentlicher Auftrag, Publikumsbedürfnisse, Wirtschaftlichkeit	Stücke (Regisseure, Bühnenbildner, Besetzung)	Budget für Personal- und Sachkosten, Schauspieler, Produktionskapazitäten	Spielzeit	Theaterleitung Intendant	taktisch
Inszenierungsplanung	Kosten, Auslastungsnivellierung	Premierentermine, Ressourcenzuordnung	Werkstattkapazitäten	Spielzeit u. unterjährig	technische Leitung	taktisch
Aufführungsplanung	Umsatz, Auslastungsnivellierung	Aufführungsanzahlen, u. -reihenfolge	Publikumsbedarf, Abonnements, Premierentermine	Spielzeit u. unterjährig	Schauspiel- bzw. Spartenleitung, Betriebsbüro	taktisch
techn. Arbeitsplanung	Kosten	Ressourcenzuordnung	Ressourcenverfügbarkeit	unterjährig	technische Leitung	operativ
Monats- u. Probenplanung	Anpassung an Publikumsbedürfnisse, Rückkosten	Termine und Orte	Aufführungszahl u. -reihenfolge, Ressourcen Solisten, Gesamtkörper Bühnen	unterjährig	Betriebsbüro	operativ

Abbildung 32: Überblick über das Planungssystem öffentlicher Theater

2.4 Planungs- und Steuerungsprozess

2.4.1 Prozessphasen

Der Planungs- und Steuerungsprozess³⁸⁸ vollzieht sich in abgrenzbaren Phasen, die jeweils durch besondere Aufgabenstellungen gekennzeichnet und untereinander durch Informationsbeziehungen verknüpft sind. Die Phasen im Einzelnen sind:

- Zielbildung,
- Problemsfeststellung,
- Alternativensuche,
- Prognose,
- Bewertung und Entscheidung,
- Durchsetzung (Veranlassung),
- Vorgabe von Sollwerten,
- Ermittlung von Istwerten,
- Soll-Ist-Vergleich (Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung),
- Abweichungsanalyse und
- Sicherung (Auslösung von Anpassungsmaßnahmen).³⁸⁹

Wie bereits definiert, ist Planung „ein geordneter, informationsverarbeitender Prozess zum Erstellen eines Entwurfes, welcher Maßnahmen für das Erreichen von Zielen vorausschauend festlegt.“³⁹⁰ Auf der anderen Seite gilt: „Steuerung ist ein geordneter, informationsverarbeitender Prozess zielführender Eingriffe (Anpassungsmaßnahmen) in die Planrealisation.“³⁹¹

Dadurch gehören die Phasen von der Zielbildung bis zur Bewertung und Entscheidung zum Planungsprozess. Die Phasen von der Durchsetzung bis zur Sicherung werden der Steuerung zugerechnet.³⁹²

In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf der vorausschauenden Spielplangestaltung und nicht auf der operativen Umsetzung der Spielplanung innerhalb der Spielzeit. Deswegen sind die Phasen der Planung von stärkerem Interesse als die nachgelagerten Steuerungsphasen. Dennoch können diese nicht ignoriert werden, da sie über Rückkopplungsinformationen auf die Planung zurückwirken. „Planung wird erst in der Ergänzung durch die Steuerungsphasen „Durchsetzung“, „Kontrolle“ und „Sicherung“ zum wirkungsvollen Instrument der Unternehmensführung.“³⁹³

Die genannten Phasen der Planung und Steuerung werden nicht einmalig durchlaufen, son-

³⁸⁸ Die Aussagen zum Planungs- und Steuerungsprozess orientieren sich im wesentlichen an Schweitzer; vgl. Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 16-61.

³⁸⁹ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 25, Schweitzer, M., Fertigungswirtschaft, 1994, S. 581-587 oder Wild, J., Grundlagen, 1982, S. 33-38.

³⁹⁰ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 18; vergleiche auch die Ausführungen in Kapitel 2.3.1.

³⁹¹ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 20.

³⁹² Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 25.

³⁹³ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 81.

dem im Ganzen oder in Ausschnitten in Feedback-Schleifen wiederholt. Dabei werden einige Phasen häufiger durchlaufen als andere. Beispielsweise wird die Zielbildung seltener durchschritten als der Soll-Ist-Vergleich.

Einen Überblick über die logische Abfolge und die Informationsverknüpfungen der einzelnen Phasen liefert Abbildung 33.

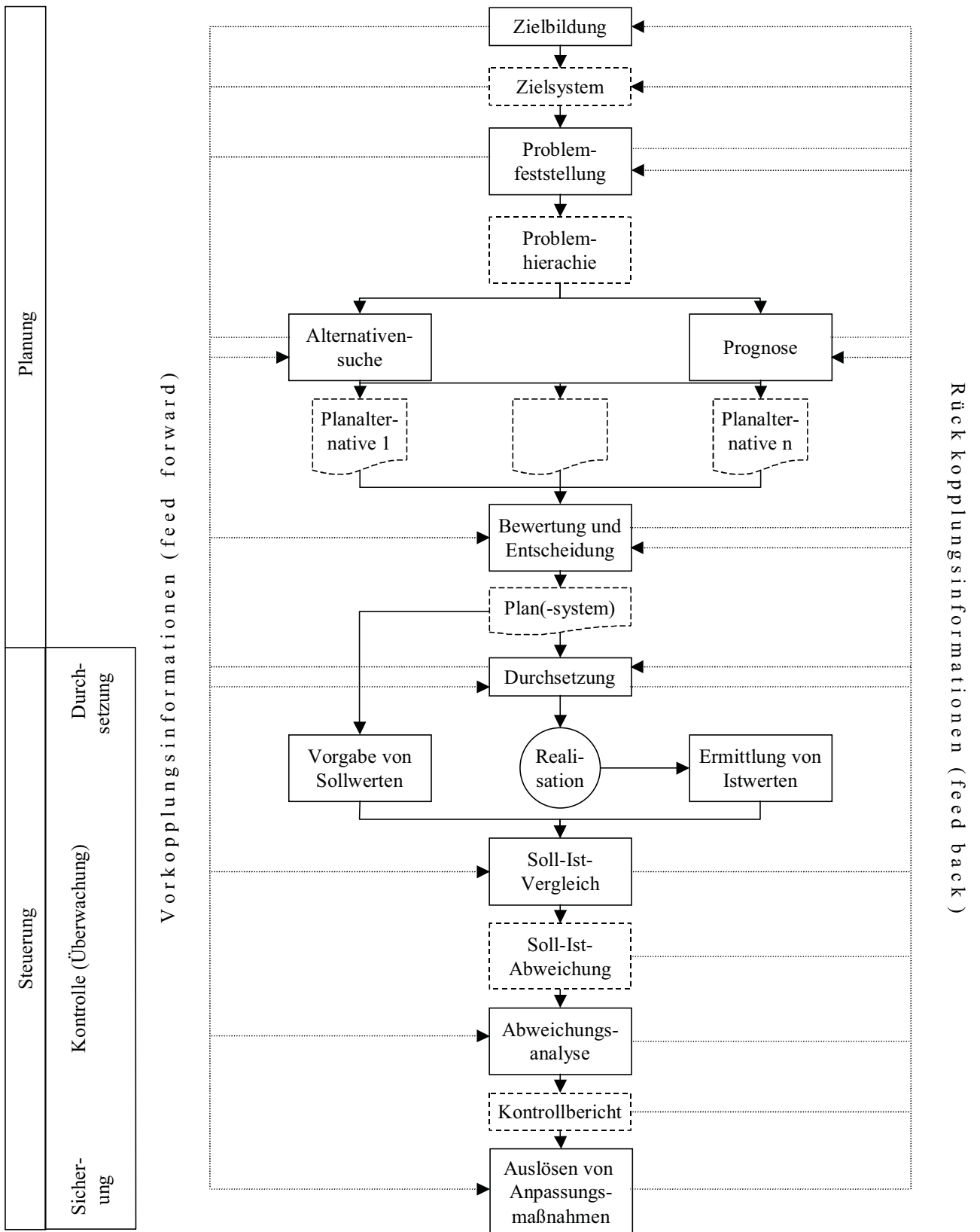


Abbildung 33: Der kombinierte Planungs- und Steuerungsprozess³⁹⁴

³⁹⁴ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 26.

2.4.2 Phasenorientierte Entscheidungsunterstützung

Unter Entscheidungsunterstützung soll in dieser Arbeit computergestützte Entscheidungsunterstützung verstanden werden. Nach Zahn werden unter „Managementunterstützungssystemen [...] rechnerbasierte Informationssysteme verstanden, die Führungskräfte mit Informationen versorgen und in Entscheidungsprozessen unterstützen.“³⁹⁵ Eine Spezialform der Managementunterstützungssysteme stellen die Entscheidungsunterstützungssysteme dar. „Unter diesem Begriff werden interaktive IT-gestützte Systeme verstanden, die Entscheidungsträger mit Modellen, Methoden und Daten während ihres gesamten Entscheidungsprozesses in eher schlecht-strukturierten Entscheidungssituationen unterstützen[...]. Typische Funktionen von Entscheidungsunterstützungssystemen sind neben Datenzugriff und statistischen Funktionen vor allem Optimierung und Simulation sowie bedienfreundliche und individuell anpassbare Benutzerschnittstellen.“³⁹⁶

Eine ausführlichere Zusammenstellung nennt

- „Entscheidungsalternativen erkennen, überblicken, auf Machbarkeit überprüfen,
- Konsequenzen einer Alternative (eines Entscheids) abschätzen,
- Konsequenzen nach mehreren Kriterien beurteilen,
- Entscheidungswahl mit Vor- und Nachteilen anschaulich dokumentieren [und]
- Gute Varianten (Alternativen) generieren [und] Entscheidungsvorschläge bei gegebenen Rahmenbedingungen und Präferenzen machen“³⁹⁷

als Aufgaben der Entscheidungsunterstützung.

Diese noch sehr allgemeine Erklärung der Entscheidungsunterstützung soll konkretisiert werden, indem in den folgenden Seiten dieses Kapitels für die einzelnen Phasen jeweils spezielle Aufgaben der Entscheidungsunterstützung dargestellt werden. Diese Art der Konkretisierung erscheint notwendig, da die Phasen deutlich unterschiedliche Anforderungen an die Entscheidungsunterstützung stellen. Das zeigt sich deutlich in der Aussagen von Humphreys “Any intelligent approach to the provision of decision support must concentrate on how, where and at what level such support should be provided within the whole decision making process.”³⁹⁸ Auf die Anforderungen, die sich daraus für ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Spielplangestaltung ergeben, soll in Kapitel 4.2 weiter eingegangen werden.

2.4.3 Zielbildung

„Zielbildung bedeutet das Festlegen eines präzisen, strukturierten und realisierbaren Systems von Handlungsnormen.“³⁹⁹ Die Phase der Zielbildung selbst zerfällt in die Zielsuche und -

³⁹⁵ Zahn, E., Informationstechnologie, 2001, S. 419.

³⁹⁶ Zahn, E., Informationstechnologie, 2001, S. 422.

³⁹⁷ Hättenschwiler, P., Konzepte, 1999, S. 2.

³⁹⁸ Humphreys, P., Intelligence, 1989, S. 46; zitiert nach Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 56.

³⁹⁹ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 50.

formulierung, das Ordnen der Ziele in einem Zielsystem, die Operationalisierung der Ziele, die Zielbewertung und Revision des Zielsystems. Diese Unterphasen wurden in Kapitel 2.2 für ein idealtypisches Theater bereits einmal durchlaufen. Als Ergebnis wurde dort ein Zielsystem beschrieben, auf das hier lediglich verwiesen werden soll.⁴⁰⁰

Schweitzer und Wild⁴⁰¹ nennen Planungstechniken, die geeignet sind, die Zielbildung zu unterstützen. Das sind im besonderen die Relevanzbaumanalyse, Kennzahlensysteme und Zielbeziehungsmatrizen. Relevanzbaumanalysen ermitteln in der Art von Sensitivitätsanalysen, welche Wirkung einzelne Einflussgrößen auf die Ausprägung von Zielgrößen haben. Kennzahlensysteme stellen ein Zielsystem als eine Menge von operational formulierten, interdependenten Kennzahlen dar.⁴⁰² Zielbeziehungsmatrizen zeigen die Korrelation aller Ziele in einer Matrix, so dass insbesondere Zielkonflikte sofort ersichtlich werden. Daneben sind einige der weiterhin aufgeführten Methoden – wie z.B. Brainstorming-Techniken – mit Abstrichen ebenso geeignet, zur Zielbildung beizutragen. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, sei auf eine detaillierte Darstellung der Planungstechniken verzichtet. Stattdessen sei auf die bei Schweitzer und Wild angegebene Literatur verwiesen. Abbildung 34 zeigt neben den erläuterten noch weitere Planungstechniken sowie ihre Bedeutung für die einzelnen Planungsphasen im Überblick.

Ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Spielplangestaltung sollte entsprechende Methoden zu Verfügung stellen. Bei der Darstellung der Anforderungen an eine Methodenkomponente werden diese Gedanken wieder aufgegriffen.⁴⁰³

2.4.4 Problemfeststellung, Alternativensuche und Prognose

„Problemfeststellung ist die Ermittlung der Lücke zwischen der Zielvorstellung und der erwarteten Lage bzw. Entwicklung (ohne das Ergreifen zielführender Maßnahmen).“⁴⁰⁴

Diese Lücke wird in drei Schritten ermittelt. Zuerst wird die derzeitige Lage in Hinblick auf die entscheidenden Größen ermittelt. Dabei kann es sich um Zielgrößen, aber auch Kapazitäten oder um den Fortschritt von Maßnahmen handeln. Als Beispiel soll hier die Anzahl der Besucher in einer Spielzeit dienen. Danach wird die erwartete Entwicklung über die Zukunft prognostiziert und anschließend mit einer angestrebten Größe verglichen. Die Diskrepanz, die dort entsteht, ist die Problemlücke.

Diese Beschreibung zielt auf strategische Entscheidungen. So ließe sich bezogen auf das Theater prognostizieren, dass ohne spezielle Maßnahmen, um die Besucherbasis um jüngere Zuschauer zu erweitern, langfristig ein deutlicher Zuschauerrückgang zu erwarten wäre.⁴⁰⁵ Diese

⁴⁰⁰ Vergleiche die Kapitel 2.2.1 bis 2.2.4.

⁴⁰¹ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 62-65 bzw. Wild, J., Grundlagen, 1982, S. 148-152.

⁴⁰² Reichmann, T., Controlling, 2001, S. 23.

⁴⁰³ Vergleiche Kapitel 4.2.3.

⁴⁰⁴ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 52.

⁴⁰⁵ Röger, H. H., Handbuch, 2001, S. 308.

Überlegungen sind aber nur schwer auf das Problem der jährlichen Spielplangestaltung übertragbar, da sich das aktuelle Geschäft nicht einfach fortschreiben lässt und insbesondere die Annahme, auf spezielle Maßnahmen zu verzichten, erklärungsbedürftig ist. Ohne neue Inszenierungen werden die Besucherzahlen schnell sinken, da die Anzahl der Zuschauer, die die Inszenierungen noch nicht gesehen haben, schnell schwinden wird. Auf der anderen Seite muss, auch wenn mittelfristig auf stilistische oder schwerpunktmäßige Neuausrichtungen verzichtet wird, nicht automatisch eine Problemlücke entstehen.

Auch eine mehrjährige Finanz- oder Erfolgsrechnung erscheint für die Mehrzahl der Theater nicht sinnvoll, da der Haushalt in jedem Haushaltsjahr mit dem Träger konsolidiert wird. In dem Maße, wie privatrechtliche Rechtsformen und Dispositionsfreiheit der Theater zunehmen, gewinnen allerdings auch solche Betrachtungen an Bedeutung.

Unabhängig davon, wie die Problemlücke ermittelt wird, sollte der Entscheidungsträger am Ende der Problemfeststellung Klarheit über die Anspruchsniveaus für die entscheidenden Stell- und Zielgrößen haben.

An Planungstechniken sind dieser Phase u.a. Frühwarnsysteme, Szenario-Techniken⁴⁰⁶ oder Portfolio-Analysen⁴⁰⁷ zuzurechnen.

Frühwarnsysteme melden Abweichungen zwischen Prognosen und realisierten Größen automatisch und ermöglichen so, frühzeitig zu reagieren.⁴⁰⁸

Szenario-Analysen ermöglichen das gedankliche Durchspielen verschiedener Varianten der Planung oder der Entwicklung exogener Größen. Bei Portfolio-Analysen werden die strategischen Geschäftseinheiten einer Unternehmung in einer Matrix in Abhängigkeit von internen und externen Kenngrößen positioniert, um Normstrategien für die Einzelteile und einen unternehmensweiten Ausgleich zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen der Normstrategien zu finden.⁴⁰⁹

An die Problemfeststellung schließt sich die Alternativensuche an.

„Unter Alternativensuche versteht man das systematische Aufspüren, Formulieren und Analysieren von Vorgehensweisen zur Zielerreichung“⁴¹⁰

Ziel dieser Phase ist die Erkundung des Alternativen- oder des Lösungsraumes, der die Menge aller realisierbaren Alternativen, die dem Entscheidungsträger zur Auswahl stehen, darstellt.

Die Alternativensuche kann in sechs Schritte aufgeteilt werden.⁴¹¹

Für die Spielplangestaltung beschäftigt sich die systematische und umfassende Suche nach Einzelideen im Wesentlichen mit Stücken und den dafür vorgesehenen Regisseuren. Es kann sich als eine vorgelagerte Überlegung aber auch erst um eine Art Motto oder ein Leitmotiv für

⁴⁰⁶ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 255-261.

⁴⁰⁷ Götze, U., Mikus, B., Management, 1999, S. 92-125.

⁴⁰⁸ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 44-47.

⁴⁰⁹ Götze, U., Mikus, B., Management, 1999, S. 92-93.

⁴¹⁰ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 55.

⁴¹¹ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 55 oder Wild, J., Grundlagen, 1982, S. 85-86.

eine Spielzeit handeln, zu dem erst noch passende Stücke gesucht werden müssen.

Die Kombination der Einzelideen führt zu vollständigen Spielplanalternativen. Danach folgen die Analyse des Alternativenaufbaus und der Beziehungen zwischen den Alternativen.

Es folgt die Abgrenzung der Alternativen zu einem zulässigen Bereich, wobei insbesondere nicht realisierbare Spielpläne ausgesondert werden. Der Lösungsraum kann sehr komplex sein, so ist die Anzahl der möglichen Stücke bereits kaum überschaubar. Bedenkt man erst die Anzahl der möglichen Kombinationen, so steigt die Größe des Alternativenraums quasi ins Unendliche.

Anschließend erfolgt die Überprüfung, ob der zulässige Bereich vollständig erfasst ist.

Die Planungstechniken dieser Phase sind hauptsächlich Kreativitätstechniken, wie beispielsweise Brainstorming, Brainwriting und Synektik.⁴¹² Diese Techniken können nur unvollkommen vom Computer unterstützt werden. Teilweise werden für ihre Durchführung Vorschriften festgelegt, die die Benutzung eines Computers explizit ausschließen.⁴¹³

„Prognosen sind Wahrscheinlichkeitsaussagen über das Auftreten von Ereignissen (Wirkungen, Daten) in der Zukunft, die auf Beobachtungen und theoretischen Aussagen beruhen.“⁴¹⁴

Prognosen müssen für beeinflussbare Größen wie Besuchszahlen für einzelne Inszenierungen und auch für nicht beeinflussbare zukünftige Größen wie vorgegebene Budgets abgegeben werden. Je nach Beeinflussbarkeit werden Wirkungs- und Lage- bzw. Entwicklungsprognosen unterschieden.

Die Prognosephase zerfällt wiederum in einzelne Aufgaben.⁴¹⁵

Zuerst erfolgt die Kennzeichnung der gewünschten Prognose nach Gegenstand, Genauigkeit, Qualität und zeitlicher Reichweite. Anschließend werden Vergangenheitserfahrungen, bekannte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sowie die Ausgangssituation zum Prognosebeginn analysiert. Die Prognose wird durchgeführt, nachdem eine geeignete beschreibende Theorie oder Hypothese ermittelt wurde und ein entsprechendes Prognoseverfahren ausgewählt wurde.⁴¹⁶ Gleichzeitig wird die Prognose auf ihre Sicherheit hin überprüft, bzw. es werden Eintrittswahrscheinlichkeiten für einzelne Prognosen ermittelt. Zusätzlich müssen alle durchgeführte Einzelprognosen auf ihre Verträglichkeit hin überprüft werden. Zusätzliche Sicherheit schaffen alternative Prognosen, wenn sie mit anderen Methoden oder mit der Hilfe ande-

⁴¹² Vergleiche zu diesen Techniken beispielsweise Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 241-246.

⁴¹³ Beispielsweise sollen bei einer Methode-635-Sitzung jeweils drei Vorschläge auf ein Papier geschrieben werden, das fünfmal weitergereicht und kommentiert wird, so dass am Ende alle sechs Teilnehmer jedes Papier einmal bearbeitet haben. Dieses Vorgehen auf einen Computer zu verlagern, würde die Spontaneität dieser Kreativitätstechnik stark einschränken; vgl. Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 244.

⁴¹⁴ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 56.

⁴¹⁵ Wild, J., Grundlagen, 1982, S. 99-100.

⁴¹⁶ Rudolph, A., Prognoseverfahren, 1998 oder Makridakis, S., Wheelwright, S. C., Hyndman, R. J., Forecasting, 1998.

rer Theorien und Hypothesen ähnliche Ergebnisse erzeugen.

Am Ende dieser Phasen liegen also alle möglichen Planalternativen inklusive von Prognosen ihrer Wirkungen in Bezug auf Zielgrößen und Kapazitätsbelastungen vor. Dann lässt sich das Spielplanproblem in einem formalen Problem beschreiben, wie es in Kapitel 2.3.3 dargestellt worden ist.

Die Techniken der Prognose umfassen qualitativ orientierte Methoden wie die Delphi-Befragung⁴¹⁷ und quantitative Methoden wie Zeitreihenanalysen, Regressionsrechnungen⁴¹⁸, Indikatormodelle, oder Modelle, die auf künstlichen neuronalen Netzen⁴¹⁹ beruhen.

Weitere Planungstechniken und ihre Zuordnung zu den Planungsphasen liefert wiederum Abbildung 34.

2.4.5 Alternativenbewertung und Entscheidung

„Bewertung ist die Zuordnung einer Zielwirkung zu einer Alternative“⁴²⁰ und „Eine Entscheidung ist die Wahl einer optimalen Alternative bei gegebener Zielvorstellung unter Nebenbedingungen“⁴²¹

Grundlage für die Bewertung sind die Wirkungsprognosen der vorangegangenen Phase. Diese Wirkungen werden anhand der Kriterien, die in der Phase der Zielbildung festgelegt und durch Metriken konkretisiert wurden, durch einen kardinalen Nutzenwert ersetzt. Dabei werden die unterschiedlichen Zielvorstellungen zu einem Wert verdichtet, der die Wichtigkeit der einzelnen Ziele und die Sicherheit, mit der sich die Ausprägungen erreichen lassen, reflektiert.⁴²²

Als Planungstechniken können Nutzenzuordnungstechniken wie beispielsweise die Nutzwertanalyse, Investitionsrechnungsmodelle oder Kosten- und Nutzenanalysen zur Anwendung kommen. Techniken der Bewertungsstabilisierung sind Sensitivitäts- und Risikoanalysen.

„Eine Entscheidung ist die Wahl einer optimalen Alternative bei gegebener Zielvorstellung unter Nebenbedingungen.“⁴²³

Mit Hilfe der Alternativenbewertung lässt sich eine Rangfolge der Alternativen mit abnehmendem Nutzenwerten bilden. Daraus wird durch den oder die Entscheidungsträger eine Auswahl getroffen. Wenn noch keine Risikoinformationen in den Nutzenwert eingeflossen sind, kann der Entscheidungsträger auf die Alternative mit der maximalen Ausprägung zu-

⁴¹⁷ Götze, U., Mikus, B., Management, 1999, S. 73-76.

⁴¹⁸ Rudolph, A., Prognoseverfahren, 1998, S. 17-56 oder Makridakis, S., Wheelwright, S. C., Hyndman, R. J., Forecasting, 1998, S. 185-310.

⁴¹⁹ Rudolph, A., Prognoseverfahren, 1998, S. 183-208.

⁴²⁰ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 58.

⁴²¹ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 59.

⁴²² In Kapitel 3.2.3 werden Verfahren dargestellt, die versuchen, auf den Informationsverlust, der durch die Verdichtung entsteht, zugunsten einer Betrachtung der Menge der paretooptimalen Lösungen zu verzichten.

⁴²³ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 59.

gunsten einer solchen verzichten, die seiner Nutzen-Risiko-Präferenz besser entspricht. Wenn mehrere Entscheidungsträger am Entscheidungsprozess beteiligt sind und subjektive Bewertungen in die Nutzenwerte eingehen, kann ein Abstimmungsprozess notwendig werden, durch den ein Kompromiss erzielt wird.

Zur Unterstützung bei der Entscheidung liegt eine große Zahl an Planungstechniken vor. Entscheidungsregeln und -prinzipien bei Sicherheit, Risiko oder Unsicherheit oder Entscheidungsbaumverfahren sind Beispiele dafür. Lineare und nichtlineare Programmierung und insbesondere Heuristiken, wie beispielsweise Evolutionäre Algorithmen, die in Kapitel 3 dargestellt werden, werden ebenso dieser Phase zugerechnet, obwohl ihr Leistungsumfang sich auch auf die Unterstützung weiterer Phasen erstreckt. So werden beispielsweise in ihrem Verfahrensablauf „automatisch“ Handlungsalternativen generiert. Andererseits bilden das Optimaltableau der linearen Programmierung oder die letzte Generation der Evolutionären Algorithmen bereits Ausgangspunkte für eine Sensitivitätsanalyse.

Weitere Planungstechniken zur Alternativenbewertung und Entscheidung zeigt Abbildung 34.

Planungsphase: Planungstechnik:	Zielbildung	Problemfeststellung	Alternativensuche	Prognose	Bewertung	Entscheidung
Techniken der Zielbildung						
Relevanzbaum (PATTERN)	X	X	X		X	X
Kennzahlensysteme	X	X			X	
Zielbeziehungsmatrix	X			X		
Techniken der Problemfeststellung						
Frühwarnsysteme		X	X			
Szenario-Technik		X		X		
Checklisten	X	X	X	X		
Wertanalyse		X				
Systemanalyse		X				
Ablaufdiagramme		X				
Portfolio-Analyse		X	X			
Lückenanalyse (gap analysis)		X		X		
Kepner-Tregoe-Technik		X				
Branchenstrukturanalyse		X	X	X	X	
Produktlebenszyklusanalyse		X		X		
Analyse der Wertschöpfungskette		X	X			
Verflechtungsmatrix		X	X	X		
SOFT-Analyse		X				
Erfahrungskurvenanalyse		X	X			
ABC-Analyse		X				
Techniken der Alternativensuche						
Brainstorming-Techniken	X	X	X	X		
Brainwriting-Techniken (z.B. 635-Technik)	X	X	X	X		
Morphologische Techniken (z.B. Morphologischer Kasten)		X	X			
Synektik		X	X			
Progressive Abstraktion		X	X			
Epistemologische Analyse		X	X			
Hypothesen-Matrix		X	X			
Metaplan-Technik			X			

Abbildung 34: Zuordnung von Planungstechniken zu Planungsphasen

Planungstechnik:	Planungsphase:					
	Zielbildung	Problemfeststellung	Alternativensuche	Prognose	Bewertung	Entscheidung
Techniken der Prognose						
Delphi-Technik	X	X	X	X		
Repräsentativbefragung				X		
Indikatormodelle				X		
Zeitreihenanalysen		X		X		
Transformations- und Produktionsfunktionen				X		
Kostenfunktionen				X		
Gozintograph				X		
Box-Jenkins-Technik				X		
Regressionsanalyse		X	X	X		
Wachstums- und Sättigungsmodelle				X		
Prognosekostenrechnung				X		
Durchlaufkurven				X		
Netzplantechnik		X	X	X	X	X
Cross-Impact-Analyse				X		
Techniken der Bewertung						
Break-even-Analyse					X	
Investitionsrechnung					X	X
Kosten-Nutzen-Analyse					X	
Nutzwertanalyse					X	X
Multi-Attribute-Nutzentheorie					X	
Risikoanalyse					X	X
Sensitivitätsanalyse		X	X	X	X	X
SEER	X			X	X	X
Produktbewertungsprofil		X			X	

Abbildung 34: Zuordnung von Planungstechniken zu Planungsphasen (Fortsetzung)

Planungstechnik:	Planungsphase:					
	Zielbildung	Problemfeststellung	Alternativensuche	Prognose	Bewertung	Entscheidung
Techniken der Entscheidung						
Lineare Programmierung			X		X	X
Nichtlineare Programmierung			X		X	X
Heuristiken z.B.: Evolutionäre Algorithmen			X		X	X
Simulation		X	X	X	X	X
Entscheidungsbaum			X		X	X
Entscheidungsregeln bei Sicherheit						
Zielrangordnung	X				X	X
Zielgewichtung	X				X	X
Goal Programming					X	X
Entscheidungsregeln / -prinzipien bei Risiko						
μ -Regel					X	X
$\mu\sigma$ -Regel					X	X
Bernoulli-Prinzip					X	X
Entscheidungsregeln/ -prinzipien bei Unsicherheit						
Minimax-Regel (Wald-Regel)					X	X
Maximax-Regel					X	X
Hurwicz-Regel					X	X
Laplace-Regel					X	X
Niehans-Savage-Regel					X	X
Krelle-Prinzip					X	X

Abbildung 34: Zuordnung von Planungstechniken zu Planungsphasen (Fortsetzung)

2.4.6 Steuerung

Die Steuerung zerfällt – wie in Abbildung 33 veranschaulicht – in die Phasen Durchsetzung, Kontrolle und Sicherung.

„Die Plandurchsetzung (Veranlassung) umfasst alle Maßnahmen der Information, Beratung und Motivation betroffener Mitarbeiter zur Planrealisation.“⁴²⁴

Dafür muss sichergestellt sein, dass ausreichende Ressourcen in Form von Zeit, Informationen, Arbeitskräften und Budgets vorhanden sind und insbesondere, dass die betrauten Personen die benötigten Qualifikationen aufweisen.

⁴²⁴ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 71.

Von hoher Bedeutung ist die Verhaltenssteuerung, die durch Erläuterung und Hintergrundinformationen von dem Plan überzeugt, sowie durch Gewährung von Belohnungen oder Androhung von Strafen in Abhängigkeit von der erfolgreichen Umsetzung des Planes für zusätzliche Motivation sorgt.

„Kontrolle ist ein geordneter, laufender, informationsverarbeitender Prozess zur Ermittlung und Analyse von Abweichungen zwischen Plangrößen (Prognose- oder Vorgabegrößen) und Vergleichsgrößen.“⁴²⁵

Unter dem Oberbegriff der Kontrolle sind die Ziel-, die Planfortschritts-, die Ergebnis-, die Prognose- und die Prämissenkontrolle zusammengefasst.

In der Zielkontrolle wird überprüft, ob die Ziele unverändert geblieben und immer noch realisierbar sind. Dazu gehört, dass die Unterziele nicht im Widerspruch zueinander stehen dürfen. In der Planfortschrittskontrolle wird überprüft, ob die Umsetzung des Planes den Prognosen entspricht und insbesondere, ob sie nicht hinter dem Zeitplan zurückbleibt.

Die Ergebniskontrolle dient der Überprüfung, ob die Zielgrößen ihre angestrebten Ausprägungen erreichen. Sie ist damit eine Spezialform der Prognosekontrolle, die sich auf alle prognostizierten Größen erstreckt.

Die Prämissenkontrolle schließlich hinterfragt, ob die zu Beginn des Planungsprozesses als gegeben betrachteten Größen und Zusammenhänge noch in derselben Form vorhanden sind und gelten.

Allen Kontrollen ist gemeinsam, dass sie u. U. eine Abweichung der Realität von der Planung ermitteln können. Sollte das der Fall sein und die Abweichung als signifikant betrachtet werden, muss eine Abweichungsanalyse erfolgen, die die Ursachen dafür ermittelt. Der Planungsprozess wird dann mit dieser Information in einer früheren Phase wieder aufgenommen und es werden entsprechende Sicherungsmaßnahmen ausgelöst.

„Die Sicherung umfasst alle Maßnahmen zur vorherigen Abwehr bzw. zur nachträglichen Beseitigung von Störungen bzw. Fehlern im Prozess der Planungsrealisation. Dabei lassen sich vorsorgende und nachsorgende Sicherungsmaßnahmen unterscheiden.“⁴²⁶

In Anlehnung an die Darstellungen zu den einzelnen Planungsphasen sollen in Abbildung 35 einige Steuerungsinstrumente genannt werden. Die Zuordnung zu den Unterphasen der Steuerung entfällt hier, weil die Mehrzahl der genannten Instrumente phasenübergreifend anwendbar ist. Diesen Instrumenten ist weiterhin gemeinsam, dass sie mit Echtzeitdaten operieren, wodurch sie eher der operativen Prozessunterstützung als der Entscheidungsunterstützung im engeren Sinne zuzurechnen sind. Sie sollen deswegen auch kein Bestandteil des noch zu beschreibenden Entscheidungsunterstützungssystems sein. Daher werden sie hier auch nicht detailliert beschrieben.

⁴²⁵ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 73.

⁴²⁶ Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 73.

- Pagatorische Erfolgsrechnungen
- Kosten- und Erlösrechnungen
 - Plankosten und -erlösrechnungen (z.B. Grenzplankosten- und Deckungsbeitragsrechnung, prozessorientierte Kostenrechnung)
 - Verhaltenssteuerungsorientierte Kosten- und Erlösrechnung (z.B. Standardkostenrechnung, Target Costing)
 - Kalkulationen
- Budgets
- Kennzahlensysteme
- Benchmarking-Konzepte
- Fortschrittszahlen/ Kanban/ Modelle der Auftragsfreigabe
- Qualitätssicherungssysteme (z.B. DIN ISO 9001, Audits, Erstmusterprüfungen)
- Netzplantechnik/ Balkendiagramme
- Prioritätsregeln
- Anreizmechanismen/ Kontrollen
- Führungsstile/ Mitwirkungsregelungen

Abbildung 35: Ausgewählte Steuerungsinstrumente⁴²⁷

Im folgenden Kapitel sollen aus den angeführten Methoden Evolutionäre Algorithmen herausgegriffen und auf ihre Eignung zur Lösung des Spielplangestaltungsproblems überprüft werden.

⁴²⁷ Diese Tabelle ist eine vereinfachte Wiedergabe einer Darstellung von Schweitzer; vgl. Schweitzer, M., Planung, 2001, S. 82.

3 Evolutionäre Algorithmen zur Lösung des Spielplangestaltungsproblems

3.1 Grundlagen

3.1.1 Einordnung in die Methoden des Operations Research

Die Ursprünge der Evolutionären Algorithmen (EA) gehen auf Holland zurück, der mit seinen Schülern seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts an naturanalogen Systemen gearbeitet hat.⁴²⁸ Das Verbindende aller Strömungen der EA ist der Versuch, die Prinzipien der Evolution zu simulieren und auf Optimierungsprobleme anzuwenden. Der Konkurrenzkampf von Lebewesen um Ressourcen und Lebensräume, der nach der Evolutionstheorie⁴²⁹ Auslöser für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess von Individuen und Gattungen ist, wird auf reale Probleme übertragen. Dabei stellen die simulierten Individuen Lösungen für die Optimierungsprobleme dar. Die Evolution – als der Anpassungsprozess der Individuen an ihre Umwelt – korrespondiert mit dem Optimierungsprozess, wobei gute Lösungen für das Problem gut an ihre ökologische Nische angepassten Individuen entsprechen. Der wiederholte Generationszyklus aus den genetischen Operatoren Reproduktion und Selektion dient als verbindender Rahmen für die unterschiedlichen Vorgehensweisen aller Mitglieder der Familie der EA. Bei der Reproduktion werden durch Rekombination und Mutation neue Individuen erzeugt und in der Selektion die besten Individuen für den nächsten Zyklus ausgewählt. Abbildung 38 zeigt diesen allgemeinen Ablauf im Überblick.

Innerhalb dieses allgemeinen Rahmens gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Vorgehensweisen, die zur Bildung von Gattungen innerhalb der EA geführt haben, von denen die wichtigsten in Kapitel 3.1.3 vorgestellt werden sollen.

Die anschauliche Anlehnung an die Prozesse der Natur führt dazu, dass Begriffe aus der Unternehmensforschung mit entsprechenden aus dem Umfeld der Biologie gleichgesetzt werden. Zusammenfassend sei in Abbildung 36 eine Übersicht über die Begriffe der Biologie und ihre jeweiligen Entsprechungen angegeben, um die Analogie noch einmal zu verdeutlichen.

⁴²⁸ Holland, J. H., *Adaptation*, 1975; zitiert nach Nissen, V., *Algorithmen*, 1994, S. 16. Die ersten Varianten hießen jedoch noch reproductive plans, wobei die Betrachtung der Adaptionsprozesse im Vordergrund stand.

⁴²⁹ Darwin, C., *Origin*, 1860.

Ausdruck	Bedeutung bei EA
Individuum	Struktur (enthält die in geeigneter Weise repräsentierten Elemente einer Lösung)
Population (von Individuen)	Menge von Strukturen (Lösungen)
Eltern	Zur Reproduktion ausgewählte Lösungen
Kinder, Nachkommen	Aus Eltern erzeugte Lösungen
Rekombination (Crossover)	Suchoperator, der Elemente verschiedener Individuen vermischt
Mutation	Suchoperator, der jeweils ein Individuum modifiziert
Fitness	Lösungsgüte bezogen auf die Ziele
Generation	Verfahreniteration

Die folgenden Begriffe sind nur bei der Untergattung der Genetischen Algorithmen üblich.

Chromosom (besteht aus Genen)	Grundsätzlich identisch mit Individuum; gelegentlich kann ein Individuum sich aus mehreren Chromosomen zusammensetzen; ⁴³⁰ übliche Form: String
Gen	Bit (binäre Codierung unterstellt)
Allel	Genausprägung (binär: 0 oder 1)
Genotyp	codierte Lösung
Phänotyp	decodierte Lösung

Abbildung 36: Wichtige Fachbegriffe bei Evolutionären Algorithmen⁴³¹

Diese Gleichstellungen der Begriffe sind aber vorsichtig zu gebrauchen, denn wenn eine Analogie nicht vollständig treffend ist, kann ein aus dem Zusammenhang gerissener Gebrauch zu Missverständnissen führen.

Diese Auflistung zeigt, dass EA zu der übergeordneten Familie der naturanalogen Verfahren gehören. Darunter werden solche Verfahren zusammengefasst, die Prinzipien der Natur aufgreifen und sie auf reale Probleme übertragen. Damit kann es durch Analogieschlüsse gelingen, innovative Lösungskonzepte zu finden. Zu den naturanalogen Verfahren sind neben EA auch künstliche neuronale Netze,⁴³² Ant Colonies⁴³³ oder Verfahren, die das menschliche Immunsystem⁴³⁴ simulieren, zu zählen.

⁴³⁰ Individuen mit einem einzelnen Chromosomensatz heißen haploid, mit einem Chromosomenpaar diploid. Die Erhöhung der Anzahl der Chromosomen dient zur Erhöhung der genetischen Vielfalt; vgl. 3.1.6.

⁴³¹ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 13.

⁴³² Vergleiche beispielsweise Lackes, R., Mack, D., Netze, 2000 oder David, M., Analyse, 2000.

⁴³³ Dorigo, M., Maniezzo, V., Colormi, A., Ant, 1996 oder Dorigo, M., Di Caro, G., Ant, 2000, S. 673-682.

⁴³⁴ Slavov, V., Nikolaev, N. I., Network, 1998, S. 712-721.

Das Forschungsgebiet des Soft Computing befasst sich mit der Theorie unscharfer Mengen (Fuzzy-Set Theory), mit künstlichen neuronalen Netzen und mit EA. Daneben werden die Mischformen aus diesen drei Ansätzen explizit dazugerechnet. Das Verbindende dieser drei Richtungen ist der Versuch, zu restriktive Annahmen hergebrachter Methoden aufzuheben und dadurch ihre Anwendungsgebiete zu erweitern.⁴³⁵

Die Theorie unscharfer Mengen hebt die Beschränkung auf, dass die Zugehörigkeit von Elementen zu einer Menge ausschließlich zwei Werte annehmen kann. Die Neuerung besteht in stufenlosen Ausprägungen der Zugehörigkeit, die graduelle Zustände und Relationen abbilden können. Das erlaubt die Modellierung von Unschärfen, wie sie für die Realität typisch sind, und dadurch die genauere Abbildung der Wirklichkeit.⁴³⁶

Künstliche Neuronale Netze erlauben durch die Analyse von großen Mengen an In- und Outputdaten, Zusammenhänge zwischen ihnen zu ermitteln, selbst wenn sie sich statistischen Methoden entziehen und nicht mit eindeutigen Rechenvorschriften abgebildet werden können. Diese Zusammenhänge können aus einer Menge von Trainingsdaten gelernt, in Form von Bewertungen von Knoten eines Netzes gespeichert und sollten anschließend an einer Menge von Testdaten überprüft werden. Wenn solche Zusammenhänge ermittelt sind, kann für fast beliebigen Input ein entsprechender Output vorhergesagt werden. Einsatzgebiete der künstlichen neuronalen Netze sind Mustererkennung in der Datenanalyse und Prognoseaufgaben. Künstliche neuronale Netze überwinden also die Notwendigkeit, Zusammenhänge zwischen Variablen durch Funktionen abbilden zu müssen zugunsten einer eigenständig lernenden Abbildung in Knoten eines Netzes.⁴³⁷

EA heben die Annahme der Existenz eines deterministisch vorgegebenen Suchpfades von einem beliebigen Ausgangspunkt zum Optimum auf. Dieser deterministische Suchpfad wird durch die parallele heuristische Suche über eine Menge von Lösungen ersetzt.

Diese drei Gebiete sind zueinander komplementär. Die Theorie unscharfer Menge ist gut interpretierbar. Sie erlaubt eine realistischere Abbildung der Realität in Modellen. Fuzzy-Systeme können aber im Allgemeinen nicht lernen. Künstliche Neuronale Netze können lernen, aber ihre Gewichte sind nur schwer anwendungsbezogen interpretierbar. Beiden Gebieten fehlt die Fähigkeit zur Optimierung, die die EA beisteuern. Deswegen wird seit circa 1994 versucht, diese Strömungen zu kombinieren und unter den Namen Soft Computing oder Computational Intelligence zu vereinigen.⁴³⁸

Durch den hauptsächlichen Einsatz zur Lösung von Optimierungsaufgaben⁴³⁹ werden die EA

⁴³⁵ Zimmermann, H. J., Soft Computing, 1997, S. 362.

⁴³⁶ Zimmermann, H. J., Fuzzy Set, 1996, S. 1-8 und S. 69-90.

⁴³⁷ Lackes, R., Mack, D., Netze, 2000, 21-56, oder David, M., Analyse, 2000, S. 3-11.

⁴³⁸ Zimmermann, H. J., Soft Computing, S. 362.

⁴³⁹ Optimierungsprobleme machen zwar den größten Anteil der Anwendungen aus; vgl. beispielsweise Biethahn, J., Nissen, V., Algorithms, 1995, es existieren aber auch Anwendungen zur Mustererkennung; vgl. Cowgill, M. C., Harvey ; R. J., Watson, L. T., Algorithm, 1999, S. 99-108, Kryptographie; vgl. Bagnall, A. J., McKeown, G. P., Rayward-Smith V. J., Cryptanalysis, 1997, S. 712-718 und Datenkom-

in erster Linie der Unternehmensforschung zugerechnet. Die Unternehmensforschung kennt eine große Zahl an Methoden zur Optimalplanung, die sich anhand vieler Kriterien in Kategorien einordnen lassen. Die Kriterien nach denen sich EA am deutlichsten von herkömmlichen Methoden der Entscheidungsfindung unterscheiden sind der Verlauf des Lösungsprozesses und die Anzahl der gleichzeitig betrachteten Lösungen.

Der erste gravierende Unterschied ist die stochastische Natur des Suchprozesses, die sich in den stochastischen Einflüssen innerhalb der genetischen Operatoren zeigt. Dennoch ist bei EA nicht von einer reinen zufälligen Suche (random walk) zu sprechen, sondern es wird auf eine vollständige Durchdringung des Suchraumes zugunsten einer problemadäquaten Teilmenge verzichtet.⁴⁴⁰ Dadurch ist bei EA allerdings nicht sichergestellt, dass das Optimum gefunden wird. Dieser Nachteil wird durch die hohe Lösungssicherheit für manche Problemstellungen aufgewogen, für die ansonsten lediglich Lösungswege bekannt sind, deren Aufwand exponentiell mit dem Umfang der Problemstellung wächst. In dem Fall sind sie für praxisrelevante Größenordnungen nur mit unverhältnismäßigem Aufwand sicher lösbar. EA dahingegen können solche Probleme in akzeptabler Zeit mit hoher Sicherheit zu guten Lösungen führen.⁴⁴¹ Trotzdem bleibt der Nachteil bestehen, dass das Erreichen des globalen Optimums in endlicher Zeit nicht garantiert werden kann. Wegen dieses heuristischen⁴⁴² Charakters der Suche sollte für Probleme, für die endliche, vollständige, nicht exponentiell wachsende Lösungsmöglichkeiten⁴⁴³ existieren, diese anstelle von EA angewandt werden.

Der vielleicht gravierendste Unterschied zu herkömmlichen Methoden des Operations Research ist der, dass der Optimierungsprozess wie die Evolution als ein inkrementeller, paralleler Designprozess einer Menge konkurrierender Individuen verstanden wird. Diese wesentliche Neuerung wird als Populationskonzept⁴⁴⁴ bezeichnet, weil nicht mehr sequentiell von

pression; vgl. Yimin, C., Yixiao, W., Qibin, S., Longxiang, S., Image, 1999, S. 379-384.

⁴⁴⁰ So werden in Kapitel 3.3.3 nach 20000 Evaluierungen gute Lösungen gefunden, obwohl damit lediglich $1,6 \cdot 10^{-24}$ % des gesamten Lösungsraumes explizit durchsucht worden sind.

⁴⁴¹ Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 314.

⁴⁴² „Unter einer Heuristik soll hier eine nicht willkürliche und häufig iterative Methode verstanden werden, die darauf abzielt, für eine gegebene Problemstellung in begrenzter Zeit eine oder mehrere möglichst gute Lösungen zu finden, ohne daß garantiert werden kann, eine global optimale Lösung zu finden“; vgl. Nissen, V., Einführung, 1997, S. 18.

⁴⁴³ Unter vollständigen Methoden sollen solche Algorithmen verstanden werden, für die in Bezug auf einen bestimmten Problemtyp bekannt ist, dass sie jede mögliche Ausprägung dieses Problems in endlicher Zeit mit Sicherheit lösen oder dessen Unlösbarkeit anzeigen. Als ein Beispiel sei der Branch-and-Bound-Algorithmus für die Lösung des Rucksackproblems genannt; vgl. Kolesar, P. J., Algorithm, 1967 S. 723-735. Aber selbst dieser als effizient bekannte Algorithmus wächst exponentiell mit der Problemgröße; vgl. Garey, M. R., Johnson, D. S., Computers, 1979, S. 247. Damit gilt er als „nicht endlich“, obwohl das streng genommen nicht korrekt ist. Auf jeden Fall ist ein solcher Algorithmus für umfangreiche Probleme ungeeignet.

⁴⁴⁴ Methoden, die sequentiell Lösungen durchlaufen, werden als punktbasiert bezeichnet, weil anstelle der Punktwolke im Lösungsraum, die die Population darstellt, immer nur ein einzelner Punkt betrachtet

einer Lösung zu nächsten, sondern Populationen, d. h. Mengen von Lösungen, parallel betrachtet werden. Vorteile dieser Mengenbetrachtung sind, dass durch die stochastischen Bewegungen immer nur Teile der Population einen Schritt in die falsche Richtung machen. Lösungsverschlechterungen können durch die Rückkehr zu ursprünglichen Lösungen rückgängig gemacht werden. Insofern stellt die Population ein kollektives Gedächtnis von Ausschnitten des Suchraumes dar. Komplexe Probleme weisen häufig mehrere Optima auf, von denen in einer frühen Phase des Optimierungsprozesses noch nicht klar ist, welches das globale Optimum ist. Ein mengenbasierter Algorithmus kann nebeneinander mehrere erfolgversprechende Richtungen durchsuchen. Es ist denkbar, dass es für das Verständnis eines Optimierungsproblems für einen Entscheidungsträger interessant ist, Aussagen über die verschiedenen Optima und nicht ausschließlich über das globale Optimum zu erhalten.⁴⁴⁵ EA können solche Informationen in einem einzigen Durchlauf erzeugen.⁴⁴⁶ Ein weiterer Vorteil von mengenbasierten Algorithmen ist der, dass sie durch Fehlbewertung einzelner Lösungen nicht in dem Maße von ihrem Suchpfad abgelenkt werden können, wie das bei punktbasierten Algorithmen der Fall ist. Als punktbasiert sollen alle Algorithmen bezeichnet werden, die gleichzeitig immer ausschließlich eine Lösung betrachten. Bei diesen Algorithmen kann eine Fehlbewertung einer Lösung zu einem Wechsel der Suchrichtung oder sogar zu einem vorzeitigen Abbruch führen. Solche Fehlbewertungen können auftreten, wenn die Zielfunktionswerte der Individuen über stochastische Experimente beispielsweise der Simulation von Marktreaktionen mit stochastischem Einfluss ermittelt werden. Gegenüber solchen Schwankungen sind populationsbasierte Verfahren stabiler.⁴⁴⁷

Als letzter Vorteil der Mengenbasierung sei die inhärente Parallelität genannt. Einige Schritte der EA müssen für alle Individuen der Population in der gleichen Form durchgeführt werden, ohne dass Informationen der restlichen Population verfügbar sein müssten. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, EA zu parallelisieren, wodurch enorme Laufzeitvorteile resultieren können.⁴⁴⁸ Abbildung 37 zeigt die Einordnung der EA in die Methoden des Operations Research im Überblick.

wird.

⁴⁴⁵ Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 185-186.

⁴⁴⁶ Die Verfahren, die die Vielfalt an Lösungen in der Population erhalten und dadurch die Verfolgung mehrere Optima ermöglichen, werden in Kapitel 3.1.6 ausführlicher betrachtet.

⁴⁴⁷ Nissen, V., Propach, J., Functions, 1998, S. 159-168.

⁴⁴⁸ Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 318-322, Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 208-215.

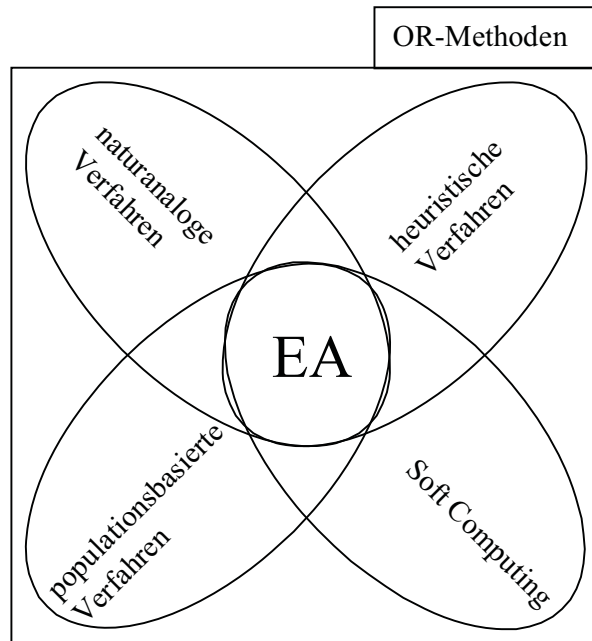


Abbildung 37: Einordnung Evolutionärer Algorithmen in die Methoden des Operations Research

3.1.2 Allgemeine Vorgehensweise

Die Individuen sind Träger von genetischen Informationen, die sie an ihre Kinder vererben. Diese Gene werden als Behälter für Strukturvariablen der Optimierungsprobleme, auf die die EA angewandt werden sollen, verstanden. Das genetische Material eines Individuums, das dem evolutionären Prozess unterworfen wird, wird also als eine mögliche Lösung des Problems interpretiert. Diese Lösung wird mit Hilfe der Zielfunktion des Problems bewertet. Dieser Zielfunktionswert wird zur Fitness des Individuums umgedeutet. Die Fitness eines Individuums bezeichnet seine abstrakte Fähigkeit, Nachkommen zu erzeugen, wobei einem besseren Zielfunktionswert eine höhere Fitness und damit eine höhere Wahrscheinlichkeit, Nachkommen zu erzeugen, zugeordnet wird.

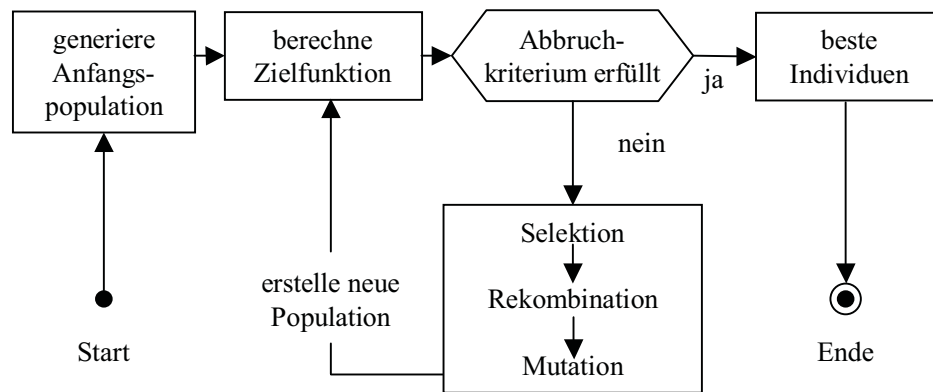


Abbildung 38: Allgemeine Vorgehensweise der Evolutionären Algorithmen⁴⁴⁹

Jedes Element der alten Generation hat die genetischen Operatoren Rekombination und Mutation durchlaufen, bis es in die neue Generation aufgenommen wird, d. h. die Generation wird in jeder Iteration vollständig ausgetauscht (Generational Replacement). Zwar werden Crossover und Mutation nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit durchgeführt, so dass einzelne Individuen eine Generation ohne Veränderung durchlaufen können. Dennoch gibt es keinen generellen Transfer über die Generationsgrenzen hinweg. Das gilt insbesondere auch für das jeweils beste Individuum, was deswegen ständig der Gefahr ausgesetzt ist, zum Schlechteren modifiziert zu werden und der Population verloren zu gehen. Damit können einmal erreichte Optima wieder verloren gehen. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu beheben, besteht darin, das oder die besten Individuen zwischenspeichern und wieder in die Population zurückzukopieren, wenn ein Rückschritt in der Suche erfolgt (Elitist Strategy). Nachteilig an dieser Vorgehensweise ist neben dem zusätzlichen Aufwand, dass damit die Fähigkeit, lokale Optima zu verlassen, eingeschränkt wird. Einen Kompromiss kann die Vorgehensweise, das jeweils beste Individuum separat zu speichern und es als Lösung anzugeben, wenn in der letzten Generation kein besseres existiert, darstellen. Damit kann sich der EA aus lokalen Optima wieder zurückziehen und trotzdem geht kein Wert für den Entscheidungsträger verloren. Der zusätzliche Aufwand bleibt dabei ebenso wie die Gefahr, sich unnötig vom Optimum zu entfernen, bestehen. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt der so genannte Steady-State Genetic Algorithm⁴⁵⁰, bei dem in jeder Generation nur ein Bruchteil der Population ausgewechselt wird. Da bei diesem Verfahren eine geringere Konvergenzgeschwindigkeit beobachtet wird, wird diese Variante bei Genetic Algorithms weitgehend vernachlässigt. Bei Genetic Programming, Classifier Systems und auch bei der Mehrzieloptimierung mit genetischen Algorithmen,⁴⁵¹ wo höhere Stabilität der Populationen erwünscht ist, wird dieses Verfahren aber standardmäßig angewandt.

Auffällig an der Beschreibung der EA ist, dass sehr wenige Ansprüche an die Form des Opti-

⁴⁴⁹ Abbildung in Anlehnung an die Darstellung bei Pohlheim, H., Algorithmen, 2000, S. 9.

⁴⁵⁰ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 72-73.

⁴⁵¹ Vergleiche Kapitel 3.1.6.

mierungsproblems gestellt werden. Durch die Möglichkeit, unterschiedliche Repräsentationen – wie beispielsweise reelwertige Variablen, Reihenfolgen oder Programmfunktionen – als Individuen in EA einzubinden, können auch Probleme gelöst werden, die sich sonst der Optimierung entziehen.⁴⁵² Diese unterschiedlichen Lösungsrepräsentationen führen zu mehreren Unterformen an Genetischen Algorithmen, die im folgenden Kapitel erläutert werden.

Es existieren mehrere ausgeprägte Varianten von Evolutionären Algorithmen, die sich neben ihren unterschiedlichen Lösungsrepräsentationen in Bezug auf ihre Anwendungsgebiete und die Ausgestaltung ihrer evolutionären Operatoren deutlich unterscheiden. Es handelt sich dabei im einzelnen um Genetische Algorithmen, Evolutionsstrategien und Genetic Programming. Daneben existieren Hybridformen, die oben genannte Formen mit Algorithmen kombinieren, die nicht der Familie der EA zuzurechnen sind, wie die Kombination mit lokalen Suchalgorithmen oder lernende Classifier Systems, die eine Kombination mit Expertensystemen darstellen.

3.1.3 Hauptformen

3.1.3.1 Genetische Algorithmen

Genetische Algorithmen (GA) werden in der Hauptsache eingesetzt, um Parameteranpassungsprobleme zu lösen.⁴⁵³ Dabei handelt es sich um Optimierungsprobleme, bei denen eine Menge von Ausprägungen von Problemvariablen gesucht wird, die eine gegebene Zielfunktion maximieren oder minimieren.

Zu Beginn des Verfahrensablaufes wird eine Menge an zufällig initialisierten Individuen als Ausgangspopulation generiert. Jedes Individuum wird von einer Menge binärer Variablen repräsentiert, die zusammengenommen als Bitstring betrachtet werden. Jedes Individuum stellt gleichzeitig eine Lösung für das Optimierungsproblem dar. Aus dem Bitstring werden mit Hilfe einer Zuordnungsfunktion (Mapping Function m) die Ausprägungen der Problemvariablen berechnet. Jeder möglichen Ausprägung des Bitstrings wird ein Wert innerhalb des Definitionsbereiches der Problemvariablen zugeordnet. Jeder einzelnen Problemvariablen ist dabei ein Abschnitt auf dem Bitstring zugeordnet.

Die Lösung wird dann mit Hilfe der Zielfunktion bewertet. Abhängig von der Güte der Lösung wird die Fitness der Individuen, Nachkommen zu erzeugen, festgelegt. Das entspricht der Tatsache, dass Individuen, die gut an ihre ökologische Nische angepasst sind, eher in der Lage sind, viele Nachkommen zu zeugen und am Leben zu erhalten.

⁴⁵² Programme und Regelmengen sind für typische Optimierungsverfahren nicht zu optimieren, dabei können die Unterformen Genetic Programming und Classifier Systems Programme und Regelmengen verarbeiten; vgl. Kapitel 3.1.3. Ganzzahlige Probleme sind zwar für LP-Methoden lösbar, benötigen aber mehr Rechenzeit als die entsprechenden stetigen Probleme. Anders bei GA, wo diese Probleme schneller zu lösen sind; vgl. Kapitel 3.1.5.

⁴⁵³ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 17.

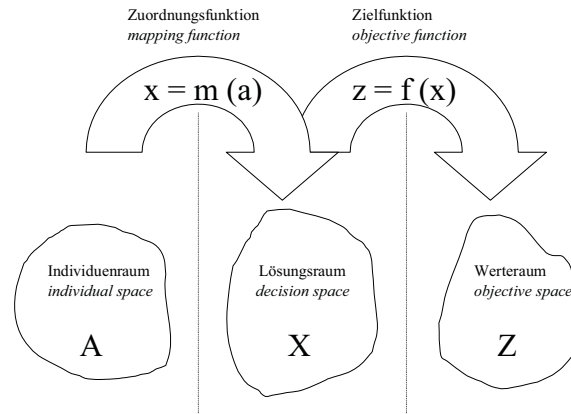


Abbildung 39: Zusammenhang zwischen Individuenraum, Lösungsraum und Werteraum

Da Bitstrings bei endlicher Länge lediglich eine endliche Anzahl von möglichen Ausprägungen haben, können Gleitkommazahlen nicht in beliebiger Genauigkeit wiedergegeben werden. Vielmehr wird der Wertebereich der Problemvariablen in kleine Abstände aufgeteilt, von denen jeder einer Ausprägung des zugehörigen Ausschnitts des Bitstrings zugewiesen wird. Je kleiner die Abstände sein sollen, desto länger muss der Bitstring sein, der alle möglichen Ausprägungen aus dem Wertebereich der Problemvariable aufnehmen soll. Wenn es möglich ist, eine hohe untere und eine niedrige obere Schranke für den Definitionsbereich der Problemvariablen anzugeben, kann die Genauigkeit erhöht werden, weil die Ausprägungen des Bitstrings nur noch auf einen kleineren Wertebereich gestreckt werden müssen. Es bleibt festzuhalten, dass GA immer lediglich eine Rastersuche (grid search) vornehmen, d. h. das Verfahren kann nur den Gitterpunkt als Lösung finden, der der tatsächlich optimalen Lösung am nächsten liegt. Diese Einschränkung ist aber bei hinreichender Länge der Bitstrings und ausreichend enger Fassung der Problembereiche vernachlässigbar.⁴⁵⁴

Sobald die Individuen interpretiert und bewertet sind, müssen von ihnen die besten zur Fortpflanzung ausgewählt werden. Für diese Selektion gibt es verschiedene typische Varianten. Die älteste und am häufigsten verwendete Variante sieht eine Verteilung der Wahrscheinlichkeiten eines Individuums, Nachkommen zu erzeugen, proportional zu seiner Fitness vor.

$$P_s(\bar{a}_i) = \frac{\Phi(\bar{a}_i)}{\sum_{j=1}^n \Phi(\bar{a}_j)} \quad 455$$

⁴⁵⁴ Eine typische Länge eines Bitstrings beträgt 32. Dann existieren $2^{32} = 4294967296$ Ausprägungen. Wenn für vier Problemvariablen die Lage des Optimums auf einen Wertebereich zwischen 0 und 100 von vornherein vorhergesagt werden kann, beträgt der Abstand zweier Punkte ca. 0,023. Diese Genauigkeit scheint für die überwiegende Mehrheit aller Anwendungsprobleme ausreichend. Andernfalls kann der Bitstring beliebig verlängert werden, um die Genauigkeit weiter zu erhöhen.

⁴⁵⁵ Bei einem Minimierungsproblem muss die Formel so modifiziert werden, dass kleinere Fitnesswerte in der Selektion bevorzugt werden.

$$P_s(\bar{a}_i) = \frac{M - \Phi(\bar{a}_i)}{\sum_{j=1}^n (M - \Phi(\bar{a}_j))}$$

mit:

\bar{a}_i	Individuum i
$P_s(\bar{a}_i)$	Selektionswahrscheinlichkeit des i-ten Individuums
$\Phi(\bar{a}_i)$	Fitness des i-ten Individuums
n	Anzahl der Individuen in der Population

Die fitnessproportionale Selektion hat den Nachteil, dass ein oder wenige überragende Individuen die Population dominieren können. Dieses Phänomen kann beispielsweise dann auftreten, wenn in der Frühphase der Optimierung bei einem stark beschränkten Lösungsraum erste Individuen den zulässigen Lösungsraum erreichen. Diese Individuen, die einen sehr hohen Anteil an der gesamten Fitness der Population haben, werden fast ausschließlich zur Zeugung von Nachkommen herangezogen, wodurch die Vielfalt an genetischem Material in den folgenden Generationen verloren geht. Das zieht wiederum die Wirksamkeit der Rekombination in Mitleidenschaft, die auf ein Mindestmaß an Heterogenität (genetic diversity) in der Population angewiesen ist.

Ein weiteres Problem kann dadurch entstehen, dass der Unterschied zwischen einem guten und einem schlechten Individuum nur in einem geringen Unterschied in der Fitnessfunktion zum Ausdruck kommt. Dieser Umstand wird besonders gravierend, wenn diese in absoluten Zahlen gemessene Differenz lediglich einen geringen Anteil am gesamten Zielfunktionswert ausmacht, weil gute und schlechte Lösungen dann kaum noch unterscheidbar sind.

Als Beispiel soll die Claus-Hotz Funktion dienen, bei der eine Permutation aus n Elementen

erstellt werden muss, die folgenden Ausdruck maximiert: $2 \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{|\Psi_i - \Psi_j|}{j-i}$. Ψ_i bezeichnet

das i-te Element der Sequenz. Dabei können für $n = 20$ relativ schnell Zielfunktionswerte um 815 erreicht werden. Die besten Individuen erreichen gut 830. Damit beträgt der Abstand von einer mittleren zu einer sehr guten Lösung knapp 2% des absoluten Fitnesswertes. Bei reiner fitnessproportionaler Selektion unterscheiden sich die erwartete Anzahl der Nachkommen für diese beiden Lösungen also um 2%. Damit ist der Selektionsdruck aller Wahrscheinlichkeit nach zu niedrig, um die optimale Lösung zu finden.⁴⁵⁶

Wenn die Zielfunktionswerte zu ähnlich sind, werden die guten Individuen durch fitnessproportionale Selektion also nicht ausreichend bevorzugt und wenn die Fitness der Individuen zu unterschiedlich ist, werden die schwachen Individuen zu stark benachteiligt.

Diese Nachteile können behoben werden, indem anstelle der Fitness der einzelnen Individuen ihr Rang innerhalb der nach Fitness sortierten Population herangezogen wird. Die Spanne der vergebenen Ränge hängt nur von der Populationsgröße und insbesondere nicht von der Zielfunktion ab.

Der Selektionsdruck auf die Individuen kann durch den Unterschied in der Anzahl der erwar-

mit: M = Obergrenze für die Fitness

⁴⁵⁶ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 334.

teten Nachkommen gesteuert werden. Die Anzahl erwarteter Nachkommen sinkt üblicherweise von 1,5 für das beste Individuum gleichmäßig auf 0,5 für das schlechteste.⁴⁵⁷ Der Selektionsdruck kann über die Spanne zwischen diesen beiden Werten gesteuert werden. So stellen beispielsweise zwei erwartete Nachkommen für das beste Individuum und keiner für das schlechteste hohen Selektionsdruck dar.

Dennoch kann die Anzahl der tatsächlichen Nachfahren deutlich von der erwarteten Anzahl an Nachkommen abweichen. Diese unerwünschte Abweichung wird mit Spread bezeichnet.

Eine Variante, die genau gegen dieses Problem vorgeht, indem sie die Anzahl der Nachkommen beschränkt, die ein Individuum maximal zeugen kann, sei hier näher beschrieben. Sie stützt sich auf das Stochastic Universal Sampling (SUS),⁴⁵⁸ das durch das einmalige Drehen eines Glücksrades veranschaulicht werden kann, wie es Abbildung 40 zeigt.⁴⁵⁹ Beim SUS werden allen Individuen der Population Kreisabschnitte der Größe zugewiesen, die der Verteilung der erwarteten Nachfahren entspricht. Außerhalb des Kreises sind so viele Stäbe mit identischen Abstand angebracht, wie Individuen in der Population Platz finden. Nachdem der Kreis einmal zufällig gedreht wurde, zeigt jeder Stab auf einen tatsächlichen Nachkommen.

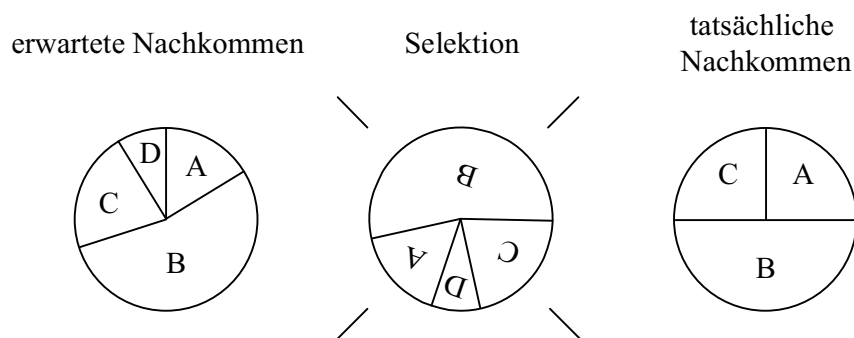


Abbildung 40: Stochastic Universal Sampling bei einer Populationsgröße von vier

Für SUS gilt, dass der Spread minimal ist. Das sei beispielhaft verdeutlicht: Ein Kreissegment wie „B“ aus Abbildung 40, das zu einem Individuum gehört, das 1,4 erwartete Nachkommen hat, kann – egal wie der Kreis gedreht wird – ausschließlich ein oder zwei Nachkommen haben, was die beiden der 1,4 am nächsten liegenden Ausprägungen sind. Eine andere Anzahl an Nachkommen ist nicht möglich.

Bei fitnessproportionaler Verteilung der Segmente können allerdings immer noch einzelne Individuen sehr große Abschnitte des Kreises zugewiesen bekommen und dadurch ungewollt viele Nachkommen zeugen.

Unvorhersehbare Schwankungen der absoluten Unterschiede in der Fitness können wieder durch die Konzentration auf die Rangfolge der Individuen innerhalb der Population kontrolliert werden. Den Individuen wird ihr Segment ausschließlich aufgrund dieses Ranges zuge-

⁴⁵⁷ Auch nichtlineare Verläufe sind denkbar.

⁴⁵⁸ Pohlheim, H., Algorithmen, 2000, S. 25 oder Baker, J. E., Bias, 1987, S. 15.

⁴⁵⁹ Diese Selektionsform wird deswegen auf englisch auch als Roulette Wheel Selection bezeichnet.

wiesen. Dabei wird die Anzahl der erwarteten Nachkommen zwischen dem besten und dem schlechtesten Individuum abfallend verteilt, so dass die Gesamtzahl der Nachkommen wiederum der Populationsgröße entspricht. Beim rangbasierten SUS werden also die Vorteile der steuerbaren Verteilung der erwarteten Nachfahren mit der minimalen Abweichung von den Erwartungswerten verbunden.

Eine weitere Alternative der Selektion stellt die Wettkampfselektion (Tournament Selection) dar. Dabei wird eine bestimmte Anzahl von Individuen aus der Population gezogen, von denen das beste zur Fortpflanzung ausgewählt wird. Über die Menge der gezogenen Individuen kann der Selektionsdruck gesteuert werden, denn je höher die Anzahl der Individuen im Wettkampf ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein schlechtes Individuum Nachkommen zeugen kann.

Für alle bisher dargestellten Selektionsvarianten gilt, dass sie nicht diskriminierend (not extinctive) sind. Das bedeutet, dass selbst das schlechteste Individuum eine Chance erhält, Nachkommen zu erzeugen.⁴⁶⁰

Die durch eine der vorgenannten Verfahrensweisen ausgewählten Individuen werden in eine Zwischenpopulation (Mating Pool) gelegt, aus dem die Eltern mit gleicher Wahrscheinlichkeit und ohne Zurücklegen zur Reproduktion gezogen werden. Der erste Schritt der Reproduktion ist die Entscheidung, ob die Kinder lediglich kopiert oder rekombiniert werden. Dafür wird eine Zufallszahl gezogen und mit dem Schwellwert für die Durchführung der Rekombination P_C ⁴⁶¹ verglichen. Als Referenzwert für P_C wird 0,8 angegeben.⁴⁶² Die ursprüngliche Variante der Rekombination heißt 1-Punkt-Crossover. Dabei wird zufällig ein Punkt auf den Bitstrings der Eltern ermittelt, an dem die Bitstrings der Eltern über Kreuz verknüpft werden und auf die Kinder kopiert werden. Abbildung 41 verdeutlicht dieses Vorgehen grafisch.

Der Nachteil an dieser Variante ist, dass Gene, die auf dem Bitstring in der Nähe angesiedelt sind, mit höherer Wahrscheinlichkeit gemeinsam vererbt werden als entfernte Gene, obwohl die Anordnung der Variablen auf dem Bitstring üblicherweise keiner Logik unterliegt. Damit

⁴⁶⁰ Ausnahmen zu dieser Behauptung existieren. Bei fitnessproportionaler Selektion werden Individuen, deren Fitness null beträgt, von der Fortpflanzung ausgeschlossen. Dasselbe gilt bei rangbasierter Selektion für das schlechteste Individuum, wenn die Skalierung so stark gespreizt wird, dass die Fortpflanzungswahrscheinlichkeit bis null sinkt.

⁴⁶¹ Das C steht für Crossover, das den englischen Ausdruck für Rekombination darstellt. Diese Gleichsetzung der Begriffe ist biologisch nicht ganz korrekt. Die biologische Rekombination vollzieht sich in zwei Teilschritten: der zufälligen Verteilung der Chromosomen auf die Tochterzellen nach der Zellteilung und der Überkreuzung (englisch: Crossover) von Genen innerhalb der Chromosomen, die das eigentliche Crossover darstellt. Da während dieser Arbeit nur haploide Individuen betrachtet werden, d. h. Individuen die nur ein Chromosom im Gegensatz zu diploiden Individuen mit einem Chromosomenpaar haben, findet ausschließlich der zweite Schritt statt. Damit wird diese Unterscheidung unwesentlich; vgl. Nissen, V., Einführung, 1997, S. 7. Es existieren aber durchaus Versuche, GA mit diploiden Individuen zu erstellen; vgl. dazu Nissen, V., Einführung, 1997, S. 47-48, Collinwood, E., Corne, E., Ross, P., Diversity, 1996, S. 810-813.

⁴⁶² Nissen, V., Einführung, 1997, S. 39, Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 25.

wirkt bei dieser Variante die Position von Genen auf dem Bitstring verzerrend (Positional Bias). Diese Verzerrung wird durch das Multipunkt-Crossover, bei dem die Bitstrings an mehreren Punkten abgebrochen und jeweils überkreuz verbunden werden, abgemildert und durch das Uniform-Crossover, bei dem nach jedem Bit eine Zufallszahl darüber Aufschluss erteilt, ob der Bitstring an dieser Stelle überkreuzt wird, gänzlich aufgehoben. Für die Veranschaulichung dieser Verfahren ist in Abbildung 41 als ein Vertreter für die Multipunktverfahren Zwei-Punkt-Crossover und als Überkreuzungswahrscheinlichkeit beim Uniform-Crossover $p_{cc} = 0,5$ angenommen worden.

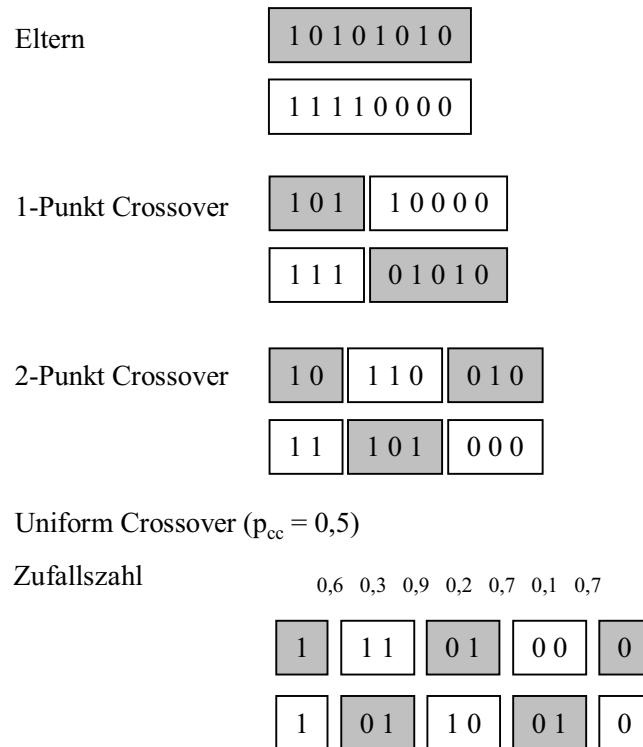


Abbildung 41: Crossovervarianten für Genetische Algorithmen

Eine weitere Möglichkeit, den Positional Bias zu umgehen, bietet der Shuffle Crossover. Dabei werden den einzelnen Bits auf dem String Nummern zugewiesen. Danach werden die Gene auf beiden Eltern in der gleichen Art zufällig durchmischt (englisch: shuffle). Danach wird ein 1-Punkt-Crossover oder ein Multipunkt-Crossover durchgeführt. Danach werden die Gene wieder an ihre ursprünglichen Positionen zurückgetauscht. Diese Variante veranschaulicht Abbildung 42.

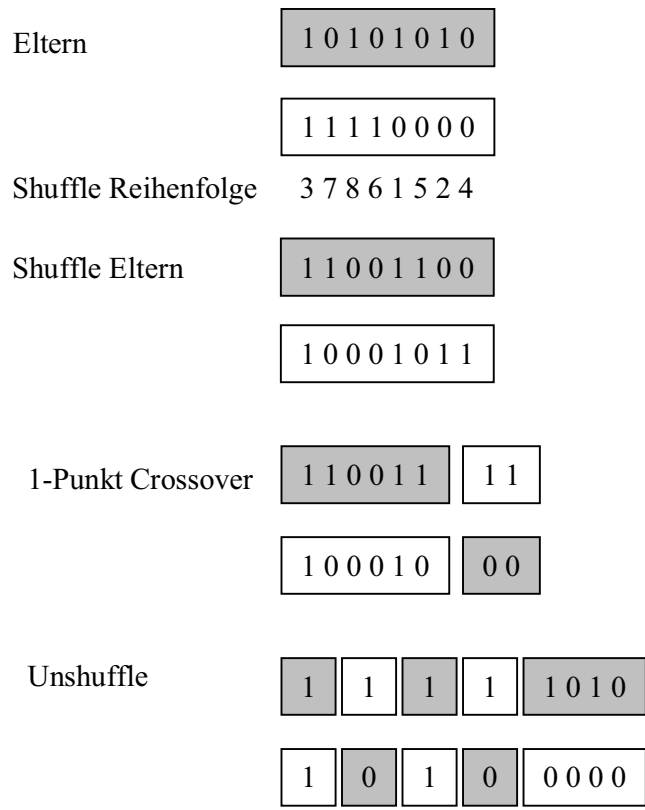


Abbildung 42: Shuffle-Crossover für Genetische Algorithmen

Neben dem Positional Bias wird auch der Distributional Bias bei Crossovervarianten untersucht, der auftaucht, wenn die Anzahl der zwischen den Chromosomen getauschten Gene keiner Gleichverteilung unterliegt. Damit gibt er Aufschluss darüber, wie das Ausmaß der Durchmischung der Gene schwankt. Der Distributional Bias des 1-Punkt-Crossover beträgt beispielsweise null, da der Schnittpunkt gleichverteilt auf den Bitstring gelegt wird. Für Mehrpunkt- und Uniform-Crossover ist die Durchmischung stärker und gleichmäßiger. Der tatsächliche Bias ist abhängig von der tatsächlich gewählten Anzahl an Schnittpunkten bzw. von der Schnittwahrscheinlichkeit. Es ist denkbar, dass es für ein bestimmtes Problem wünschenswert ist, dass geringere Vermischungen häufiger als stärkere vorkommen, weil eine geringere Durchmischung dafür sorgt, dass die Kinder ihren Eltern ähnlicher sind. Dieser Fall kann dann auftreten, wenn Lösungen schon bei geringer Änderung der Problemvariablen starken Zielfunktionsschwankungen unterliegen, oder leicht den zulässigen Bereich verlassen. Daraus folgt, dass der optimale Distributional Bias nicht notwendigerweise null, sondern in Abhängigkeit von der Problemstellung variiert.

Eine erfolgsversprechende Variante ist das diagonal Crossover, bei dem von dem Grundsatz, immer zwei Eltern zu rekombinieren, abgewichen wird. Vielmehr werden M Eltern – in Abbildung 43 wird der Vorgang für M = 3 dargestellt – wiederum zu M Kindern zusammengefügt. Dabei werden M – 1 Punkte auf dem Bitstring bestimmt und an diesen analog zum M-Punkt Crossover die Strings überkreuz verknüpft. Dabei wird so vorgegangen, dass jeder Elter für jedes Kind einen Abschnitt stellt. Empirische Tests attestieren GA, die diese Crossoverva-

riante einsetzen, hohe Konvergenzgeschwindigkeit und -sicherheit.⁴⁶³

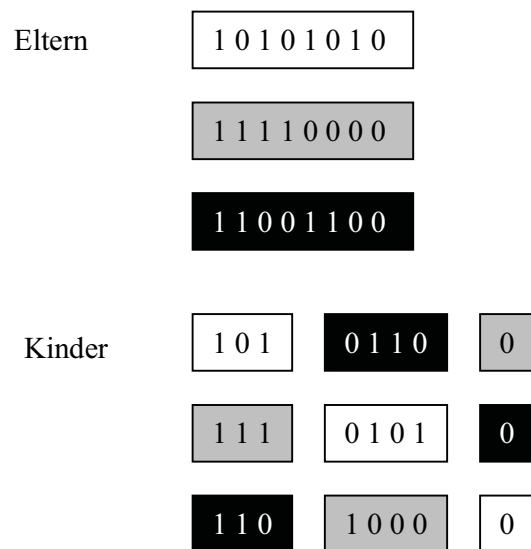


Abbildung 43: Multirekombination bei genetischen Algorithmen

Ein entscheidendes Kriterium für die Bewertung des Rekombinationsprozesses ist, ob genug unterschiedliches genetisches Material erhalten bleibt und sich die Individuen im Verlauf nicht zu ähnlich werden. Es ist offensichtlich, dass Crossover zwischen identischen Eltern keine Änderungen und damit auch keine Verbesserungen mehr erzielen können. Der Erhalt der genetischen Vielfalt ist aber nicht nur von der angewandten Crossovermethode, sondern auch von der Selektion und insbesondere von flankierenden Maßnahmen zur Erhöhung der genetischen Vielfalt abhängig. Wegen seiner großen Bedeutung wird diesem Sachverhalt ein gesondertes Kapitel gewidmet.⁴⁶⁴

Bei der Mutation werden die Individuen Bit für Bit durchgegangen. Für jedes Bit wird eine Zufallszahl gezogen und sollte die Zufallszahl unter dem Schwellwert (P_M) für eine zufällige Mutation liegen wird das entsprechende Bit verändert. Diese Mutationswahrscheinlichkeit gehört zu den Strategieparametern, die vor Beginn der Optimierung sorgfältig eingestellt werden müssen, um das Potential der EA voll auszuschöpfen. Sie wird häufig pauschal mit 0,01 – 0,02 oder in Abhängigkeit der Größe der Individuen mit $\frac{1}{\text{Stringlänge}}$ angegeben.⁴⁶⁵ Eine zu

hohe Mutationswahrscheinlichkeit kann dazu führen, dass gute Ausprägungen zu häufig verändert werden und sie sich deswegen nicht – wie vorgesehen – als gut herauskristallisieren können, oder dass die Individuen so stark verändert werden, dass sie mit ihren Eltern nicht mehr viel gemeinsam haben. Dann werden auch auf guten Eltern basierende Individuen häufig schlechte Nachkommen erzeugen, wodurch der Suchprozess zu einem reinen random walk

⁴⁶³ Eiben, A. E., van Kemenade, C.H.M., Performance, 1995, S. 56-58.

⁴⁶⁴ Vergleiche Kapitel 3.1.6.

⁴⁶⁵ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 40. Es werden aber auch andere Werte genannt; vgl. Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 25.

verkommt. Eine zu geringe Mutationsrate kann den Suchprozess verlangsamen. Als ein Seiteneffekt der Mutation wird ihre Fähigkeit genannt, genetische Informationen wiederherzustellen, die zu frühzeitig aus dem Genpool entfernt wurden. Ein zu geringer Wert, kann also auch dazu führen, dass die genetische Vielfalt abnimmt, also bestimmte Genausprägungen, die in einer Phase der Evolution aus dem Pool verschwunden sind, nie mehr betrachtet werden. Dadurch können erfolgversprechende Regionen ganz unerkannt bleiben.

Diese Fähigkeit, neue Ausprägungen zu erzeugen, haben Rekombinationsoperatoren generell nicht, sie können lediglich bekannte Gene neu kombinieren.⁴⁶⁶

Im Allgemeinen wird die Rekombination als der für die Suche dominante Suchoperator angesehen. Die Mutation soll lediglich die genetische Vielfalt aufrechterhalten.⁴⁶⁷

Die Vorgehensweise, die Problemvariablen in einem Bitstring unterzubringen, hat zur Folge, dass GA nicht auf die Optimierung von Problemen mit Strukturvariablen aus dem Raum der Gleitkommazahlen beschränkt sind. Genauso können ganzzahlige Probleme oder komplexe Zahlen verarbeitet werden. Es muss lediglich eine Vorschrift vorliegen, die die Problemvariablen in Bitstrings überführt und umgekehrt. Ganzzahlige Probleme, die bei herkömmlichen Optimierungsmethoden gegenüber den reellwertigen Problemen Laufzeitnachteile haben,⁴⁶⁸ führen bei GA zu einer erheblichen Verkleinerung des Suchraumes. Die Gitterabstände müssen nämlich nicht mehr möglichst klein sein, sondern nehmen genau den Abstand eins an. Dadurch entfällt die Suche in den nicht ganzzahligen Zwischenräumen, was die Suche entsprechend vereinfacht.⁴⁶⁹

Aufgrund der Tatsache, dass es für die Arbeit des GAs unerheblich ist, welche Bedeutung die einzelnen Bits in der decodierten Form haben, können beliebige Probleme verarbeitet werden. Diese Vielseitigkeit hat dazu beigetragen, die GA zu der am weitesten verbreiteten Unterart der Evolutionären Algorithmen zu machen.⁴⁷⁰

Einige unbedeutendere Unterformen der GA sollen hier nicht berücksichtigt werden. Stattdessen sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.⁴⁷¹

⁴⁶⁶ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 87-88. Zum Problem der nicht ausreichenden genetischen Vielfalt vergleiche Kapitel 3.1.6.

⁴⁶⁷ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 39. Es gibt aber auch Ergebnisse, die andeuten, dass diese Rollenverteilung nicht so eindeutig ist; vgl. Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 57.

⁴⁶⁸ Neumann, K., Morlock, M., Operations Research, 1993, S. 380-381.

⁴⁶⁹ Natürlich bleiben die allgemeinen Nachteile der EA dabei erhalten. So ist weiterhin nicht garantiert, dass die exakte Lösung gefunden wird. Deswegen ist ein Vergleich mit der ganzzahligen linearen Programmierung, der ausschließlich den Rechenaufwand betrachtet, unvollständig.

⁴⁷⁰ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 33.

⁴⁷¹ Eine eigenständige Variante von EA, die eine relative Bekanntheit erlangt hat, ist Evolutionary Programming, das auf Fogel zurückgeht; vgl. Fogel, L. J., Owens, A. J., Walsh, M. J., Intelligence, 1966, ausführlich Fogel, D. B., Intelligence, 1992 und zusammenfassend Nissen, V., Einführung, 1997, S. 195-216.

Als Unterform der GA existiert der so genannte Messy GA, der an spätere Stelle nochmals aufgegriffen werden soll; vgl. 3.2.4.6.

3.1.3.2 Evolutionsstrategien

Evolutionsstrategien (ES) unterscheiden sich von GA in der Hauptsache in der Ausgestaltung der Selektion, in ihrer Lösungsrepräsentation, der Ausgestaltung der genetischen Operatoren und der Gewichtung dieser Operatoren im Suchprozess.⁴⁷²

Die ES unterscheiden zwei Populationen, die immer abwechselnd erstellt werden: die Eltern, aus denen die Kinder durch Rekombination und Mutation entstehen, und die Kinder, aus denen die besten als neue Eltern ausgewählt werden. Diese Populationen sind unterschiedlich groß. Übliche Größenverhältnisse der Elternpopulation (μ) zur Kinderpopulation (λ) sind $\approx 1/7$. Die hier angewandte Variante der Selektion heißt (μ, λ) -Selektion.⁴⁷³ Die besten μ Individuen werden aus den λ Individuen der Kinderpopulation ausgewählt. Dabei existiert kein stochastischer Einfluss. Die beste Lösung kann nicht verloren gehen, wodurch die Gefahr, einmal erreichte gute Lösungen wieder zu verlieren, gesenkt wird. Deswegen wird von Elitist Selection gesprochen. Die Gefahr bei dieser Vorgehensweise besteht darin, dass schlechte Individuen keine Chance haben, Nachkommen zu erzeugen. Deswegen wird diese Selektionsvariante als diskriminierend bezeichnet. Damit können keine Suchpfade beschriftet werden, die erst nach einer zeitweiligen Senkung der Fitness wieder bessere Regionen erreichen.

Die theoretische Möglichkeit besteht aber immer noch, weil alle Individuen der Mutation unterliegen. Wenn sich alle Individuen durch die Mutation verschlechtern, kann sich die Population wieder aus einem lokalen Optimum befreien.

Die Wahrscheinlichkeit dafür ist aber gering. Deswegen kann es zu einem verfrühten Ende der Suche kommen.

Zusätzlich existiert mit der $(\lambda + \mu)$ -Selektion noch eine Variante, die lediglich selten angewandt wird. Nachdem die μ Kinder erzeugt wurden, werden die λ besten Individuen als Eltern gesucht. Als Kandidaten werden aber nicht nur die Kinder, sondern auch die Eltern herangezogen. Dadurch entfällt die Gefahr, einmal erreichte gute Lösungen wieder zu verlieren. Auf der anderen Seite sinkt die Wahrscheinlichkeit dafür weiter, sich wieder aus lokalen Optima zu befreien.⁴⁷⁴

Die Individuen werden als Vektor von Gleitkommazahlen dargestellt. Die Codierung und Decodierung in Bitstrings wie bei GA entfällt, stattdessen verändern die genetischen Operatoren die Problemvariablen direkt.

Für die Mutation enthalten die Chromosomen der Individuen Mutationsschrittweiten als zusätzliches genetisches Material. Zu unterscheiden sind dabei die Möglichkeiten, eine Schrittweite für alle Problemvariablen oder je Problemvariable eine Schrittweite vorzusehen. Wenn

⁴⁷² Vergleiche zu ES insbesondere Schwefel, H.-P. Evolution, 1995 und Bäck, T., Algorithms, 1996, S. 66-90.

⁴⁷³ Eine andere Bezeichnung für diese Selektionsvariante heißt Truncation Selection von truncate, dem englischen Begriff für abtrennen, weil die auf der Fitnessskala hinten liegenden Individuen abgeschnitten werden.

⁴⁷⁴ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 172.

alle Problemvariablen einen ähnlichen Wertebereich haben, kann auf die Verwendung unterschiedlicher Schrittweiten verzichtet werden. Andernfalls muss eine Schrittweite je Problemvariable verwendet werden. In dem Fall steigt der Rechenaufwand, weil die Mutations-schrittweiten selbst einzeln den genetischen Operatoren unterworfen werden müssen und der Speicheraufwand, weil dann je Individuum und je Problemvariable eine Schrittweite gespeichert werden muss.⁴⁷⁵

Die Mutation erfolgt in zwei Schritten. Die Mutationsschrittweite wird zuerst mutiert, indem sie mit einer log-normalverteilten Zufallszahl multipliziert wird:⁴⁷⁶

$$\sigma'_j(\vec{a}_i) = \sigma_j(\vec{a}_i) \cdot \exp(\tau' \cdot N(0,1) + \tau \cdot N_j(0,1))$$

mit:

$\sigma_j(\vec{a}_i)$ Mutationsschrittweite j des Kindes i

τ, τ' exogene Strategieparameter über die Geschwindigkeit der Anpassung⁴⁷⁷

$N(0,1), N(0,1)_j$ standardnormalverteilte Zufallszahlen, die für jedes Individuum bzw. jede Variable neu gezogen werden

Die Mutation der Problemvariablen erfolgt danach durch die Addition einer normalverteilten Zufallszahl mit dem Mittelwert 0 und der neuen Mutationsschrittweite als Standardabweichung.

$$x'_j(\vec{a}_i) = x_j(\vec{a}_i) + N_j(0, \sigma'_j(\vec{a}_i))$$

mit:

$x_j(\vec{a}_i)$ Problemvariable j von Kind i

$N_j(0, \sigma'_j(\vec{a}_i))$ normalverteilte Zufallszahl mit Erwartungswert 0 und

⁴⁷⁵ Denkbar ist auch, eine Schrittweite je Variablencluster zu verwenden. Damit sind nicht nur die Spezialfälle einer Schrittweite oder einer pro Problemvariablen, sondern auch alle Ausprägungen dazwischen möglich. Einzelne Autoren deuten diese Möglichkeit an; vgl. Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 142.

⁴⁷⁶ Die Lognormalverteilung stellt sicher, dass die Veränderungen der Schrittweiten sich im Mittel ausgleichen. Eine multiplikative Verknüpfung mit einer standardnormalverteilten Zufallszahl würde zu einer ständigen Verkleinerung der Schrittweiten führen. Das sei an einem Beispiel erläutert: Um eine Multiplikation mit 0,5 auszugleichen bedarf es einer Multiplikation mit 2,0. Bei normalverteilten Zufallszahlen mit dem Mittelwert 1 ist die 0,5 aber deutlich häufiger als die 2,0. Bei einer lognormalverteilten Zufallszahl sind sich gegenseitig ausgleichende Ausprägungen genau gleich häufig, so dass im Mittel keine Änderung durch die Mutation hervorgerufen wird. Tatsächlich sollte die Schrittweite in der Nähe des Optimums abnehmen, um gute Bereiche nicht zu überspringen. Dieser Effekt soll aber indirekt durch die Selektion erfolgen, weil angenommen wird, dass kleinere Schrittweiten eine bessere Feineinstellung ermöglichen. Eine Addition einer standardnormalverteilten Zufallszahl wird nicht verwendet, weil sie eine absolute Änderung darstellt und deswegen die Standardabweichung für jedes Problem neu eingestellt werden muss. Dahingegen ist die Multiplikation mit einer lognormalverteilten Zufallszahl eine relative Änderung, deren Startwert übertragen werden kann.

⁴⁷⁷ Vorgeschlagen werden für diese Parameter Werte zwischen 0,1 und 0,2, was einer langsamen Anpassung entspricht; vgl. Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 142.

Standardabweichung $\sigma'_j(\vec{a}_i)$

In Funktionsgebirgen mit tiefen Tälern kann die Suchgeschwindigkeit durch die Einführung von korrelierter Mutation noch erhöht werden.⁴⁷⁸ Da der Aufwand für dieses Verfahren quadratisch mit der Anzahl der Problemvariablen ansteigt, sei hier auf eine genauere Verfolgung verzichtet.⁴⁷⁹

Die Anpassung der Strategieparameter stellt ein generelles Problem der EA dar. Eine automatische Koevolution – wie hier mit der Mutationswahrscheinlichkeit erklärt – stellt eine sehr elegante Lösung dafür dar. Da die automatische Parametrisierung von EA ein sehr komplexes Problem darstellt sei hier lediglich auf die relevante Literatur verwiesen.⁴⁸⁰

Für die Rekombination werden die durch die Selektion ausgewählten Individuen in zufälliger Reihenfolge als Eltern herangezogen. Ähnlich dem Diagonal Crossover existieren auch bei ES Crossoveroperatoren, die mehr als zwei Eltern benötigen. Wenn mehr als zwei Eltern Gene für ein Kind zusammenfügen, wird von Multirekombination, wenn potenziell alle Eltern in ein Kind einfließen, von globaler (panmictic) Rekombination gesprochen. Aber bei allen Varianten werden alle Eltern mit gleicher Wahrscheinlichkeit für die Rekombination herangezogen.⁴⁸¹

Zusätzlich zu der Unterscheidung nach der Anzahl der Eltern wird noch nach diskreten und intermediären Operatoren unterschieden. Bei diskreter Rekombination wird als Problemvariable des Kindes die entsprechende Variable eines Elternindividuums verwendet. Als Elternindividuum wird eines zufällig aus $m = 2$ (Standardfall), $2 < m < \lambda$ (Multirekombination) oder $m = \lambda$ (globale Rekombination) ausgewählt. Diese Form heißt diskrete Rekombination im Gegensatz zu der intermediären Vorgehensweise, bei der konvexe Linearkombinationen aus den entsprechenden Variablen der Eltern gebildet werden.⁴⁸²

Die Rekombination der Problemvariablen und der Mutationsschrittweiten kann nach unterschiedlichen Mustern erfolgen. Üblicherweise wird für Problemvariablen diskrete Zweier- oder Multirekombination und für die Mutationsschrittweiten globale intermediäre Rekombi-

⁴⁷⁸ Dabei wird neben den Mutationsschrittweiten noch eine Kovarianzmatrix der Korrelation der einzelnen Mutationsschrittweiten an das Individuum angehängt und den genetischen Operatoren unterworfen. Dadurch werden neben der Schrittweite auch Schrittrichtungen der Mutation gespeichert und weiterentwickelt. Dadurch ist es möglich, dass sich die Individuen entlang des Gradienten entwickeln; vgl. Bäck, T., Algorithms, 1996, S. 70.

⁴⁷⁹ Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 154.

⁴⁸⁰ Beyer, H.-G., Deb, K., Behaviors, 2001, S. 59-68.

⁴⁸¹ Das wird über so genanntes „Ziehen mit Zurücklegen“ realisiert.

⁴⁸² Daneben existiert noch die Variante der globalen Rekombination, bei der für jede Variable ein Elternindividuum gezogen wird, wodurch eine stärkere Durchmischung der Gene hervorgerufen wird. Die Meinungen über diese Variante sind aber geteilt. Manche Autoren sehen darin keine wesentliche Verbesserung; vgl. Schwefel, H.-P., Optimization, 1981, S. 150 oder Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 153; Rechenberg dahingegen empfiehlt die globale Rekombination; vgl. Rechenberg, I., Evolutionsstrategie, 1990, S. 60.

nation verwandt.⁴⁸³

Zum Crossover bliebe noch zu erwähnen, dass bei ES die Entscheidung über die Durchführung nicht vom Zufall abhängt, sondern grundsätzlich immer erfolgt. In Analogie zu GA heißt das, dass P_C den Wert 1 annimmt. Da bei ES die Mutation nicht bitweise erfolgt, kann kein P_M angegeben werden. Die Mutation wird für jede Variable einmalig durchgeführt.

Durch die direkte Darstellung der Gene entfällt der Rechenaufwand, der für Umkodierungen entsteht. Auf der anderen Seite ist diese Unterklasse der EA dadurch auf Probleme mit Gleitkommazahlen als Problemvariablen eingeschränkt.⁴⁸⁴

Im Gegensatz zu den GA wird die Mutation als gleichwertiger Operator angesehen. Dem Crossover wird nicht mehr die dominierende Rolle zugeschrieben.⁴⁸⁵

Weitere unbedeutendere Unterformen der ES sollen hier nicht weiter analysiert werden. Es sei auch hier auf die einschlägige Literatur verwiesen.⁴⁸⁶

3.1.3.3 Genetic Programming⁴⁸⁷

Genetic Programming (GP) wird gemeinhin als Unterform der GA angesehen.⁴⁸⁸ Das rührt daher, dass die grundsätzliche Vorgehensweise der GA ähnelt. Dahingegen ist die Lösungsrepräsentation eine andere. Dem evolutionären Prozess werden Computerprogramme unterworfen, die typischerweise für Aufgaben wie Mustererkennung und Prognose von Zeitreihen herangezogen werden. Sie transformieren regelmäßig einen Input in einen Output. Dabei werden sie ähnlich wie die Künstlichen Neuronale Netze mit der Hilfe von Trainingsdaten bewertet. Nach Ablauf der Generationen sollen die Programme den Zusammenhang zwischen Input und Output so wiedergeben, dass sie auf echte Probleme angewandt werden können. Aus dieser Beschreibung wird deutlich, dass GP eher zu künstlichen neuronalen Netzen oder Regressionsrechnungen in Konkurrenz treten als zu klassischen GA.

⁴⁸³ Diese Aufteilung in diskrete und intermediäre Rekombination ist nicht zwingend. Beide Varianten sind grundsätzlich auf Problemvariablen und Schrittweiten anwendbar.

⁴⁸⁴ Tatsächlich bestehen auch Versuche, mit ES diskrete Probleme zu lösen, dafür ist aber zusätzlicher Aufwand notwendig; vgl. Schwefel, H.-P. Evolution, 1995, S. 247, und S. 412-413 oder Nissen, V., Einführung, 1997, S. 176-197. Prinzipiell bleiben ES durch ihre Lösungsrepräsentation aber primär für stetige Probleme geeignet.

⁴⁸⁵ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 155.

⁴⁸⁶ Zwei Vorformen der ES haben einige Bedeutung. Dabei handelt es sich um die Spezialfälle, dass lediglich ein Kind und ein Elternindividuum ((1+1)-ES) oder eine Reihe von Kindern aber nur das beste davon als Elternindividuum ((1+ λ)-ES) verwendet werden. Für diese Variante müssen die genetischen Operatoren angepasst werden, um die genetic diversity aufrechtzuerhalten. Insbesondere ist zu beachten, dass die Rekombination entfällt, da nur noch ein Elternindividuum existiert; vgl. zu diesen Varianten Bäck, T., Hoffmeister, F., Schwefel, H.-P., Survey, 1991, S. 2-9, Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 4-5 oder Rechenberg, I., Evolutionsstrategie, 1973.

⁴⁸⁷ Genetic Programming wurde in erster Linie von Koza entwickelt und beschrieben; vgl. Koza, J. R., Programming, 1992 und Koza, J. R., Programming, 1994.

⁴⁸⁸ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 111.

Die Menge der als Programmbausteine verfügbaren Operationen (Functional Set) muss genauso wie die Menge der Argumente und Konstanten (Terminal Set)⁴⁸⁹ von vornherein bekannt sein bzw. festgelegt werden. Die Schwierigkeit dabei ist, dass zu große Terminal bzw. Functional Sets den Suchraum exponentiell aufblähen, auf der anderen Seite dem GP keine sinnvollen Bausteine vorenthalten werden sollen. Einen guten Kompromiss zu finden, ist für den ungeübten Anwender extrem schwierig.⁴⁹⁰

Die Programme werden meistens in Lisp codiert, da die Programme dieser Sprache eine Baumstruktur haben, was die Übertragung der genetischen Operatoren vereinfacht. Die Knoten der Bäume stellen Operationen, die Blätter Konstanten dar. Abbildung 44 zeigt ein solches Programm, das wie folgt ausgewertet würde: $((\text{Arg1 OR Arg2}) * \text{Const1})$.

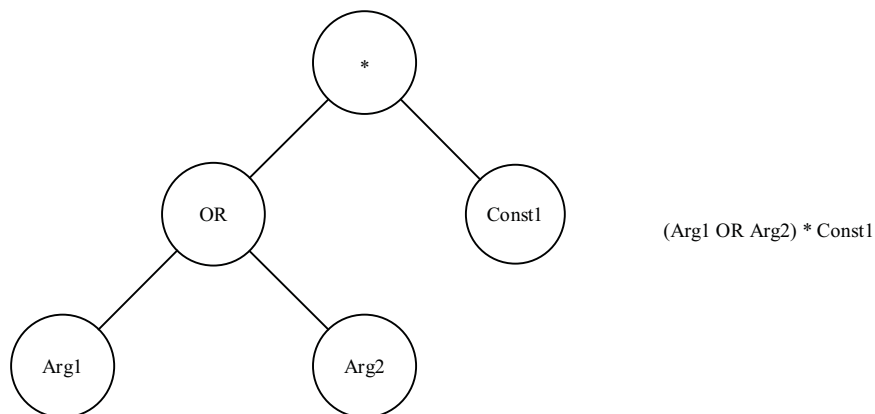


Abbildung 44: Ein Individuum bei genetischer Programmierung

Als Crossover werden bei zwei Eltern Punkte bestimmt, von denen aus Teilbäume ausgetauscht werden. Dabei werden innere Punkte bevorzugt. Vorgeschlagen werden als Wahrscheinlichkeit für einen inneren Punkt 0,9 und für ein Blatt 0,1.⁴⁹¹ Beispielhafte Individuen vor und nach dem Crossover zeigt Abbildung 45.

⁴⁸⁹ Argumente sind Teile der Eingabe, die dem Programm übergeben werden. Konstanten umfassen neben einem Ausschnitt der natürlichen Zahlen und einigen Naturkonstanten wie π und e auch Zufallszahlen. Diese Zufallszahlen nehmen im Programm einen festen Wert beispielsweise aus dem Intervall $[-1000;1000]$ ein. Wenn alle Zahlen dieses Intervalls explizit in dieses Intervall aufgenommen würden, würde deren Anzahl die anderen Elemente des Terminal Sets dominieren; vgl. Nissen, V., Einführung, 1997, S. 114.

⁴⁹⁰ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 115.

⁴⁹¹ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 121.

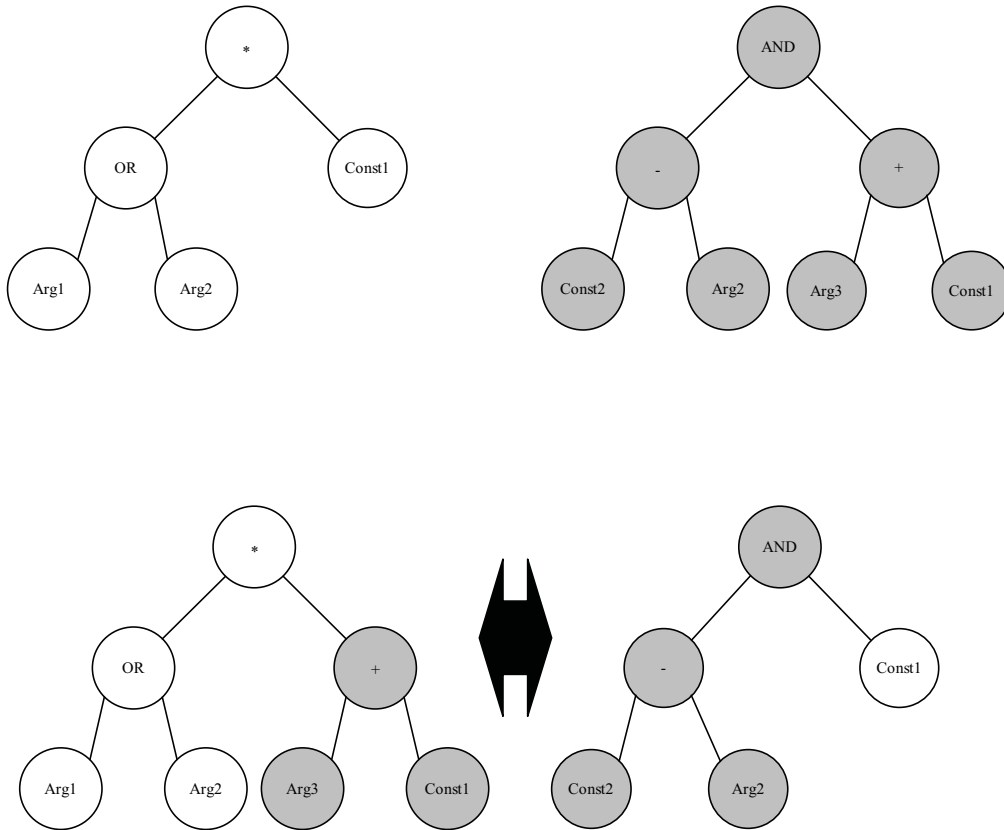


Abbildung 45: Crossover bei genetischer Programmierung

In der Grundform des GP ist Mutation nicht vorgesehen. Das liegt daran, dass die Mutation hauptsächlich als ein Operator angesehen wird, der verhindert, dass bestimmte Allele aus der Population verschwinden und dann in späteren Generationen nicht mehr zur Verfügung stehen. Aufgrund der Komplexität der Aufgabe, ein Programm zu erstellen, das ein gegebenes Problem löst, wird die Populationsgröße sehr hoch gewählt ($\mu = 4000 - 17000$), um eine ausreichend breite Suche zu gewährleisten. Bei solchen Populationsgrößen ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass genetisches Material verloren geht, wodurch keine Notwendigkeit für Mutation besteht. Neuere Ergebnisse zeigen aber, dass bei Benutzung von Mutation die Populationsgröße auf deutlich kleineren Werten eingestellt werden kann, was sich natürlich positiv auf den Rechenaufwand auswirkt.⁴⁹²

Für die Selektion können die Standardverfahren des GA ohne Einschränkung eingesetzt werden. Für die Fitnessfunktion wird ein Fehlermaß herangezogen, das die Güte der Ergebnisse, die das Programm für die Testdaten produziert, bewertet.

Ein großes Problem des GP stellt die Tatsache dar, dass typischerweise schon für kleine Problemfälle lange Rechenzeiten notwendig sind, um gute Ergebnisse zu erzielen. Dennoch stellt Koza mehrere Anwendungsfälle aus der Molekularbiologie und der Elektrotechnik vor, in

⁴⁹² Nissen, V., Einführung, 1997, S. 144.

denen mit GP erstellte Programme mit menschlichen Experten konkurrenzfähig sind.⁴⁹³

3.1.3.4 Classifier Systems

Classifier Systems (CS) stellen eine Kombination aus GA und Expertensystemen dar,⁴⁹⁴ die bei Problemen der Mustererkennung zur Anwendung kommen kann.⁴⁹⁵ Dabei existiert eine Menge von Regeln (Classifier), die aus einem Bedingungsteil und einem Aktionsteil bestehen. Diese Regeln werden auf das zu lösende Problem angewandt. Dabei werden die Regeln für zufällig ausgewählte Muster ausgewertet und ihre Ergebnisse mit den bekannten richtigen Ergebnissen verglichen. Es werden mehrere Zyklen mit Beispielinstanzen des Problems durchlaufen, wobei jedes Mal der Lösungserfolg der einzelnen Regeln bewertet wird. Je nachdem wie viele der Muster richtig bewertet wurden, bei denen der Bedingungsteil einer Regel erfüllt war, wird den Regeln eine Bewertung zugewiesen, in welchem Ausmaß sie in der Lage sind, bei der Lösung des Problems zu helfen. Dieser Wert wird im Teil des GA als Fitness des Classifiers interpretiert. Nach mehreren Problemlösungszyklen folgt ein Generationsdurchlauf des GA. Die Regeln stellen jetzt die Individuen dar, die Regelmenge die Population. Dabei werden allerdings anders als beim Standard-GA nur ca. 5% der Population ausgetauscht. Individuen mit geringer Fitness werden dabei ausgesondert und durch solche, die durch Rekombination und Mutation erfolgreicherer Eltern erzeugt wurden, ersetzt. Diese Regeln sind binär codiert, um sie durch Standard-GA modifizieren und reproduzieren zu können. Im Bedingungsteil wird das binäre Alphabet um ein Wildcardsymbol '#' erweitert. Dadurch ist es möglich, Regeln zu produzieren, die mehrere Fälle gleichzeitig abdecken. Das CS kann dadurch generalisieren. Genau passende Regeln (specific rules), d. h. Regeln, die wenige Wildcards enthalten, überstimmen dabei allgemeinerer Regeln, die aus mehr Wildcards bestehen (default rules). Dadurch kann aus den Classifiern ein hierarchisches Regelwerk entstehen, das die einfachen Fälle allgemein und die besonderen spezifisch beschreibt. Daraus resultieren Komplexitätsvorteile, da nicht für jeden Fall eine spezifische Regel vorhanden sein muss.

3.1.3.5 Kombination mit lokalen Suchverfahren

Für viele Probleme besteht Vorwissen darüber, wie gute Lösungen aussehen bzw. in welchem Ausschnitt des Wertebereichs der Problemvariablen sie liegen (Domain Specific Knowledge).⁴⁹⁶ Wenn sich dieses Wissen ausnutzen und in Ablauf des GA aufnehmen lässt, können Performancevorteile realisiert werden. Beispielsweise können durch Eröffnungsverfahren die Individuen mit einer relativ hohen Fitness initialisiert werden, wodurch einige Generationen eingespart werden können, weil der GA erst in einer späteren Phase in den Optimierungsprozess einsteigt. Deterministische Eröffnungsverfahren wie beispielsweise die Nord-West-

⁴⁹³ Koza, J. R., Bennett III, F. H., Andre, D., Keane, M. A., *Problems*, 1996, S. 1-11.

⁴⁹⁴ Nissen, V., *Algorithmen*, 1994, S. 345-347.

⁴⁹⁵ Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., Thagard, P. R., *Systems*, 1986, S. 372-392.

⁴⁹⁶ Nissen, V., *Algorithmen*, 1994, S. 372-391.

Ecken-Methode oder die Vogel'sche Approximationsmethode sind allerdings ungeeignet, da verhindert werden muss, dass die Individuen zu ähnlich werden, um die Wirksamkeit der Rekombination nicht zu behindern.⁴⁹⁷

Da das bekannte Rucksackproblem im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch einige Bedeutung erlangen wird, sei es hier kurz charakterisiert. Aus einer Menge von Elementen, die einem Entscheidungsträger Nutzen bringen und gleichzeitig eine Ressource verbrauchen, wird die Teilmenge gesucht, die den maximalen Nutzen bringt und gleichzeitig seine Ressourcenkapazität nicht überschreitet. Der Name Rucksackproblem rührt von der anschaulichen Analogie zu dem Problem eines Wanderers her, Gegenstände für einen Ausflug in der Art auszusuchen, dass der Rucksack nicht zu schwer wird. In einer allgemeineren Formulierung des Problems können auch mehrere Zielfunktionen und Nebenbedingungen vorliegen.⁴⁹⁸

Für dieses Beispiel könnte eine Initialisierungsvorschrift konstruiert werden, die ausnutzt, dass die optimale Lösung die Restriktion möglichst ausreizen wird.

Für dieses Problem könnte eine Initialisierungsvorschrift beispielsweise so lauten: Die Individuen werden solange mit zufälligen Gegenständen aufgefüllt, bis der nächste Gegenstand die Gewichtsrestriktion überschreiten würde. Damit müssten die Lösungen durch den GA nicht mehr in die Nähe der Gewichtsrestriktion geführt werden. Es würde also das Vorwissen ausgenutzt, dass die optimale Lösung die Gewichtsrestriktion vermutlich ausreizen wird.⁴⁹⁹ Alternativ könnte die Initialisierung Gegenstände mit hohem Nutzen oder mit einem guten Verhältnis aus Nutzen und Gewicht bevorzugen.

Eine Kombination mit nicht evolutionären Verfahren bietet sich allerdings nicht nur in der Initialisierungsphase an. Ein häufig genannter Nachteil von EA ist die Tatsache, dass EA in der Schlussphase des Suchprozesses gegenüber lokalen Suchverfahren Performancenachteile haben.⁵⁰⁰ In der Nähe des globalen Optimums können Verfahren, die beispielsweise auf Gradienten beruhen, deutlich schneller die Schritte in das lokale Optimum finden. Allerdings besteht bei lokalen Suchverfahren der Nachteil, dass keine Möglichkeit besteht, sich aus Suboptima zu befreien, was dazu führt, dass sie, wenn die zu optimierende Zielfunktion nicht konvex ist, u. U. Lösungen finden, die deutlich von dem tatsächlichen globalen Optimum abweichen.⁵⁰¹ Eine Hybridlösung kann die Nachteile beider Verfahrensfamilien vermindern, indem eine Kombination aus EA, der mit seiner Fähigkeit sich aus lokalen Optima zu lösen am An-

⁴⁹⁷ Zu den genannten Eröffnungsverfahren vergleiche Zimmermann, W., Operations Research, 1999, S. 93-96, zur Notwendigkeit für genetische Vielfalt vergleiche die Ausführungen in Kapitel 3.1.6.

⁴⁹⁸ Martello, S, Toth, P., Knapsack, 1990, S. 1.

⁴⁹⁹ Diese Regel gilt natürlich nur, wenn ausreichend Gegenstände vorhanden sind, was aber in der Regel der Fall ist, weil andernfalls das Problem trivial ist.

⁵⁰⁰ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 20.

⁵⁰¹ Ein Optimierungsproblem heißt konvex, wenn der Lösungsraum konvex und die Maximierungsziel-funktion konkav bzw. die Minimierungsziel-funktion konvex sind. Diese Konvexität ist bei vielen Ver-fahren Voraussetzung für die korrekte Lösung des Problems; vgl. Zimmermann, H.-J., Operations Re-search, S. 153-157 oder Neumann, K., Morlock, M., Operations Research, 1993, S. 43-46.

fang die Suche in die Nähe des globalen Optimums leitet, und aus einem lokalen Suchverfahren, das in der Schlussphase die besten Lösungen aus der Schlusspopulation nachbearbeitet und sie in lokale Optima überführt, verwendet wird. Eines dieser lokalen Optima sollte aufgrund der Suchfähigkeiten der EA das globale Optimum sein.

Neben Verfahren, die auf Gradienten beruhen, kommen dazu auch andere Verfahren in Betracht. Beispiele sind die Fibonacci-Suche, die Einzelfaktormethode oder das Pattern Search Verfahren.⁵⁰²

Andere fortgeschrittene naturanaloge Verfahren sind: Simulated Annealing, Threshold Accepting, der Simulated Annealing Algorithmus oder Tabu Search. Die vier letztgenannten Verfahren sind hier nicht ganz korrekt eingeordnet, weil sie keine lokalen Suchverfahren sind, sondern auch die Möglichkeit haben, sich aus lokalen Optima zu lösen. Das Prinzip, dass sie in der Nähe des globalen Optimums Performancevorteile, aber auf den gesamten Suchprozess Nachteile haben, bleibt aber erhalten.⁵⁰³

3.1.4 Optimierung unter Nebenbedingungen

Bei den meisten Anwendungen liegen neben einer Zielfunktion auch Restriktionen vor, die den Suchraum einschränken. Dadurch entsteht eine Unterscheidung von zulässigen und unzulässigen Lösungen, von denen letztlich nur die zulässigen interessieren, obwohl unzulässige Lösungen durchaus hohe oder bessere Zielfunktionswerte besitzen können, als der beste zulässige Punkt. Der zulässige Bereich muss nicht notwendigerweise zusammenhängen, was Methoden, die den Lösungsraum von Punkt zu Punkt untersuchen, zu einem vorzeitigen Ende der Suche verleiten kann.⁵⁰⁴

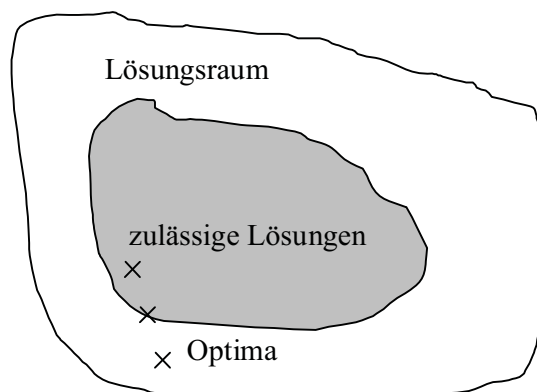


Abbildung 46: Zulässige Lösungen und die Lage von Optima

⁵⁰² Biethahn, J., Hönerloh, A., Kuhl, J., Nissen, V., Methoden, 2000, S. 184-190.

⁵⁰³ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 217-236.

⁵⁰⁴ Häufig wird sogar Konvexität des Lösungsraumes vorausgesetzt, was eine noch strengere Forderungen ist; vgl. Fußnote 501.

Besondere Schwierigkeiten bereiten Nebenbedingungen, wenn die zulässigen Bereiche im Verhältnis zum Suchraum sehr klein sind. Insbesondere können Probleme entstehen, wenn Algorithmen eine Zielfunktionsverschlechterung in Kauf nehmen müssen, um den zulässigen Bereich zu erreichen. Da viele Methoden keine Rückschritte im Grad der Zielerreichung zulassen, kann es deswegen sogar erforderlich sein, den Optimierungsprozess in die zwei expliziten Schritte der Suche nach dem zulässigen Lösungsraum und nach dem Optimum zu unterteilen.⁵⁰⁵

Es werden vier prinzipielle Methoden unterschieden, wie die Nebenbedingungen in EA aufgenommen werden können:⁵⁰⁶

- Ablehnung (Rejecting)
- Kompensationsprogrammierung (Penalizing)
- Reparatur (Repairing)
- spezifische Operatoren (Modifying Genetic Operators)

Ablehnung bedeutet, dass Kinder bei ihrer Entstehung bewertet und auf Zulässigkeit überprüft werden. Sollten sich dabei herausstellen, dass sie im unzulässigen Bereich liegen, werden die Kinder neu erstellt oder ihre Eltern an ihrer Stelle in die Folgepopulation kopiert. Sollten bei der zufälligen Initialisierung unzulässige Individuen entstehen, so wird der Initialisierungsvorgang wiederholt.

Nachteilig ist dabei, dass Individuen, die die Zulässigkeit lediglich knapp verpassen, genauso behandelt werden, wie solche, die davon weit entfernt sind. Insbesondere bei kleinen unzusammenhängenden zulässigen Bereichen kann diese Vorgehensweise zu restriktiv sein.

Es bleibt zu erwähnen, dass die genetischen Operatoren Rekombination und Mutation für diese Variante keine Informationen über das zu Grunde liegende Problem (Domain Specific Knowledge) benötigen. Sie funktionieren ebenso wie bei unbeschränkten Problemen. Ausschließlich die Bewertungsfunktion muss die Restriktionen kennen, um die Zulässigkeit zu überprüfen. Das ist aber keine Einschränkung, da sie auf jedes Problem neu angepasst werden muss, da sie die Zielfunktionskoeffizienten ohnehin immer benötigt.

Bei der Verwendung von Straffunktionen wird ermittelt, ob und – wenn ja – wie viele Restriktionen verletzt werden. Danach wird die Fitness der Individuen um einen Wert verringert, der das Ausmaß der Restriktionsverletzung widerspiegelt. Somit sinkt die Wahrscheinlichkeit eines unzulässigen Individuums, sich fortzupflanzen. Dennoch werden die Informationen der an den zulässigen Raum angrenzenden Bereiche nicht völlig außer acht gelassen. Die Parametrisierung der Straffunktion muss sorgfältig durchgeführt werden, weil eine zu geringe Strafe dazu führen kann, dass die Suche zu viele unzulässige Lösungen erzeugt und sich nicht auf den zulässigen Bereich konzentriert. Andererseits kann eine zu starke Bestrafung quasi zu einer Ablehnungsstrategie führen. Dann würde auch der dort genannte Nachteil gelten, dass

⁵⁰⁵ Neumann, K., Morlock, M., Operations Research, 1993, S. 103-109.

⁵⁰⁶ Gen, M., Cheng, R., Survey, 1996, S. 804-809.

Informationen des beinahe zulässigen Bereiches vernachlässigt werden.⁵⁰⁷

Bei der Reparaturstrategie wird ein zusätzlicher Schritt in den EA aufgenommen. Zuerst werden die Individuen den Standardoperatoren ohne Berücksichtigung der Zulässigkeit unterworfen. Erst anschließend werden die Lösungen auf Zulässigkeit getestet und sollte diese nicht vorliegen der Reparaturschritt durchgeführt. Dabei werden die Individuen unter einer möglichst kleinen Veränderung in den zulässigen Bereich zurückgeführt. Illustrieren lässt sich dieses Beispiel am Rucksackproblem⁵⁰⁸, bei dem die Teilmenge aus einer Menge von Elementen ausgewählt werden muss, die maximalen Nutzen stiftet und eine Kapazität nicht überschreitet. Dann könnte der Bitstring so interpretiert werden, dass jede Position mit einem Gegenstand korreliert, wobei eine Eins seine Aufnahme und eine Null die Nichtaufnahme in die Teilmenge bedeuten. Beim zufälligen Zusammenfügen der Elternbitstrings – beispielsweise mit 1-Punkt Crossover – kann es durchaus vorkommen, dass ein Kind die Restriktion verletzt, selbst wenn beide Eltern zulässig waren.⁵⁰⁹ Beim zufälligen Austausch eines Gegenstandes (Mutation) tritt dieses Problem genauso auf. Der Reparaturschritt könnte so aussehen, dass solange zufällige Gegenstände aus dem Rucksack entfernt werden, bis die Restriktion nicht mehr verletzt ist.

Dieses Verfahren funktioniert analog auch für Probleme mit mehr als einer Nebenbedingung. Es wird lediglich ein Algorithmus benötigt, der unzulässige Lösungen in zulässige verwandelt.

Da sich die Anpassung eines EA an ein spezifisches Problem als aufwändig und fehlerträchtig erweist, wird häufig gefordert, dass die genetischen Operatoren keine Kenntnis über die Problemspezifika benötigen dürfen. Diese Forderung gilt offensichtlich nicht für die Zielfunktion, die Zielfunktionskoeffizienten oder ähnliche Informationen benötigt. Diese Forderung ist hier im Prinzip erfüllt, allerdings muss bei dieser Vorgehensweise neben der Zielfunktion auch der Reparaturmechanismus an die Nebenbedingungen angepasst werden.

Die letzte Variante sind die spezifischen Operatoren, die so an das zu Grunde liegende Problem angepasst sind, dass sie die Individuen immer in der Art erstellen, rekombinieren oder mutieren, dass sie zulässig bleiben. Durch diese Vorgehensweise wird die Suche auf den zulässigen Bereich konzentriert, wodurch der Suchraum u. U. stark verkleinert und dadurch die Suche stark vereinfacht wird. Dieser Vorteil wird dadurch erkaufte, dass spezifische Operatoren in der Regel komplizierter sind und mehr Rechenzeit benötigen. Zudem müssen die Operatoren für jedes Problem von Neuem angepasst werden.

Zur Veranschaulichung soll wiederum das Rucksackproblem herangezogen werden. Die spe-

⁵⁰⁷ Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 81-83.

⁵⁰⁸ Vergleiche die Ausführungen zum Rucksackproblem auf Seite 118.

⁵⁰⁹ Bei diesem Crossover bleibt das Gesamtgewicht der Eltern offensichtlich erhalten. Es kann sich aber so unterschiedlich auf die Kinder verteilen, dass eines die Restriktionsgrenze verletzt. Dies trifft insbesondere zu, weil gegen Ende des Optimierungsprozesses die Restriktionen beinahe vollständig ausgenutzt werden.

zifisch angepasste Mutation nimmt nur dann weitere Elemente auf, wenn sie die Restriktion nicht verletzen. Der Rekombinationsoperator verteilt die Elemente der Eltern so auf die Kinder, dass bei beiden Kindern, die Restriktion immer noch erfüllt ist. Dafür ist es offensichtlich notwendig, dass zu diesem Zeitpunkt Kapazitätsaufnahmekoeffizienten und Kapazitätsschranken bekannt sein müssen.

Ob die Anpassung der EA an ein spezielles Problem vorteilhaft ist, hängt nicht nur von dem Verhältnis aus der Beschleunigung des Algorithmus' durch die gezieltere Suche und der Verlangsamung durch die aufwändigeren Operatoren ab, sondern auch davon, wie häufig ein gleichartiges Problem zu lösen ist. Spezifische Operatoren zu entwerfen, scheint für ein so häufig auftretendes Problem – wie beispielsweise das Rucksackproblem – eher sinnvoll als für ein Problem, das lediglich einmalig gelöst werden soll.

Noch weitergehend ist die Möglichkeit, nicht nur die Operatoren, sondern auch die Lösungsrepräsentation an ein Problem anzupassen. Wenn eine andere Lösungsrepräsentation existiert, die eine Interpretation der Individuen in der Form erlaubt, dass alle immer zulässig sind, so kann auch mit den Standardoperatoren die Suche auf den zulässigen Bereich beschränkt werden. Ein Beispiel, wie diese beiden Vorteile für das Rucksackproblem gleichzeitig erreicht werden können, zeigt Kapitel 3.1.5.

3.1.5 Kombinatorische Optimierung

GA sind nicht auf die Repräsentation der Lösungen als Bitstrings angewiesen. Wie schon bei GP gesehen (Kapitel 3.1.3) ist die prinzipielle Vorgehensweise auch auf gänzlich anders gear-tete Individuen anwendbar. Es müssen lediglich Crossover- und Mutationsoperatoren existieren, damit sich die Individuen fortpflanzen, und eine Zielfunktion, damit die Individuen bewertet werden können. Für die Selektion bleibt das Individuum eine Black Box. Durch diese Freiheit ergibt sich die Möglichkeit, eine Repräsentation zu verwenden, die für eine bestimmte Problemstellung besonders geeignet ist.

Ein prominentes Beispiel hierfür ist die Sequenzdarstellung, bei der die Individuen als eine Permutation der Zahlen von eins bis zu einer bestimmten Obergrenze beschrieben werden. Als zugehöriges Problembeispiel sei das Travelling Salesman Problem (TSP) angenommen, bei der die kürzeste Rundreise durch eine Anzahl von Städten gesucht wird, wobei die Entfernungen zwischen allen Städten in einer Matrix vorliegen. Dann bedeutet der Vektor $\{3, 1, 5, 2, 4\}$, dass von den fünf Städten zuerst die dritte und die übrigen in der Reihenfolge 1, 5, 2, 4 durchlaufen werden sollen. Danach wird zur dritten Stadt zurückgekehrt. Die Eigenschaft, dass die Sequenzen geschlossen werden müssen, entsteht aus dem TSP, für den GA ist sie unerheblich. Die Länge dieser Rundreise kann dann mit Hilfe der Entfernungsmatrix ermittelt werden.

Bei der Anwendung dieser Repräsentationsform auf das in Kapitel 3.1.4 vorgestellte Rucksackproblem zeigt sich eine interessante Möglichkeit. Die Sequenz $\{3, 1, 5, 2, 4\}$ wird wie folgt interpretiert. Als erstes wird der dritte Gegenstand, danach der erste usw. in den Ruck-

sack aufgenommen. Die Sequenz wird solange verfolgt, bis der erste Gegenstand gegen die Gewichtsrestriktion verstoßen würde. Dieser Gegenstand wird nicht mehr in die Lösung mit aufgenommen. Damit wird eine Reihenfolgeänderung in der Sequenz zu einer Verschiebung der Prioritäten, mit denen die Gegenstände in den Rucksack gepackt werden. Das Interessante an dieser Interpretation ist, dass die Individuen durch die geschickte Bewertungsfunktion automatisch immer zulässig bleiben. Das ist möglich, ohne dass die Operatoren Mutation und Crossover Kenntnis über das zu Grunde liegende Problem haben. Sie müssen lediglich sicherstellen, dass die Sequenz vollständig ist und kein Element mehrfach vorkommt.

Für diese Repräsentationsform sind verschiedene Crossoveroperatoren vorgeschlagen worden.⁵¹⁰ Sie werden auch als m-Elter Sequenzoperatoren genannt, womit angedeutet wird, dass sie den allgemeinen Fall von mehr als zwei Eltern mit einschließen. Hier soll aber lediglich der Fall für $m = 2$ betrachtet werden. Dabei tritt die Schwierigkeit auf, dass die Individuen nach dem Crossover immer noch zulässige Permutationen sein sollen, d. h. dass jedes Element genau einmal in der Sequenz vorkommen muss. Diese Eigenschaft ist bei den Standardcrossoveroperatoren nicht gegeben, weshalb sie für diese Repräsentationsform ausscheiden.⁵¹¹

Als Alternativen werden stattdessen unter anderen der Uniform Order Based Operator und Edge Rekombination vorgeschlagen.

Der Uniform Order Based Operator überprüft analog zur Uniform Crossover für jedes Element von Neuem, welcher Elter die Information für ein Kind liefern soll. Da die Sequenzen zulässig bleiben müssen, werden die Kinder nicht vollständig spiegelbildlich.

Im ersten Schritt wird eine zufällige Bitmaske in der Länge der Sequenz erstellt. Vom ersten Elter werden die Elemente von den Stellen, an denen in der Maske eine Eins steht, auf das erste Kind kopiert. Analog liefert der zweite Elter für das zweite Kind die Informationen für die Stellen, an denen in der Maske eine Null steht. Diese Teilschritte zeigt die Abbildung 47.

Im zweiten Schritt werden die Kinder vervollständigt. Dafür werden die jeweils noch fehlenden Zahlen ermittelt. Beim ersten Kind werden diese Zahlen in der Reihenfolge des zweiten Elters in die Lücken geschrieben. Beim zweiten Kind wird analog der erste Elter herangezogen. Danach sind die Kinder vollständig und zulässig. Die Gegenstände der Kinder, die in der Reihenfolge des ersten Elters angeordnet sind, sind weiß, die übrigen grau. Die Abbildung 47 fasst die Vorgehensweise nochmals zusammen.

⁵¹⁰ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 59.

⁵¹¹ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 59.

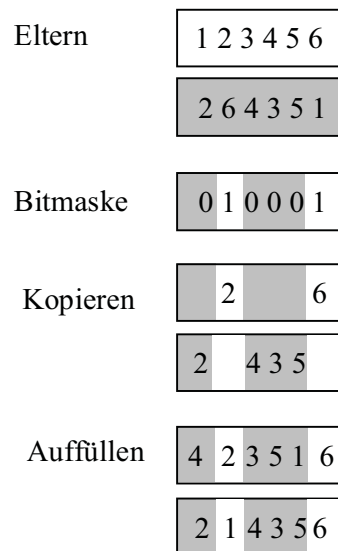


Abbildung 47: Uniform Order Based Crossover bei Sequenzdarstellung

Im ersten Schritt des Edge Crossover werden die Nachbarschaftsbeziehungen⁵¹² in einer Tabelle (Edge Table) abgelegt. Dort werden für jede Zahl die Nachbarn auf beiden Eltern vermerkt, wobei die Sequenz als zyklisch geschlossen betrachtet wird. Sollte eine Nachbarschaftsbeziehung auf beiden Eltern vorkommen, wird das durch ein Minuszeichen vor der Zahl angezeigt.

Im zweiten Schritt wird ein Kind generiert. An erster Stelle wird eine Zahl zufällig in die Sequenz aufgenommen. Danach wird diese Zahl aus der Tabelle der Nachbarschaftsbeziehungen gelöscht. Als nächstes wird aus den benachbarten ein Element gesucht, dass mit einem Minuszeichen versehen ist. Sollte keines existieren, wird ein positives Element aus der Nachbarschaftstabelle gewählt oder, wenn bereits gar kein Nachbarelement mehr verfügbar ist, wird eines gewählt, das noch frei ist. Sollten einmal zwei Elemente mit gleicher Priorität existieren, wird zuerst das mit der kürzesten Liste noch verfügbarer Nachbarn herangezogen. Sollte das noch immer zu keiner eindeutigen Auswahlmöglichkeit führen, wird ein Element zufällig bestimmt. Abbildung 48 verdeutlicht diese Vorgehensweise noch einmal an einem Beispiel.

⁵¹² Nachbarschaftsbeziehungen lassen sich als Kanten (Edges) in Graphen darstellen, was für die Nennung verantwortlich ist; vgl. Nissen, V., Einführung, 1997, S. 60.

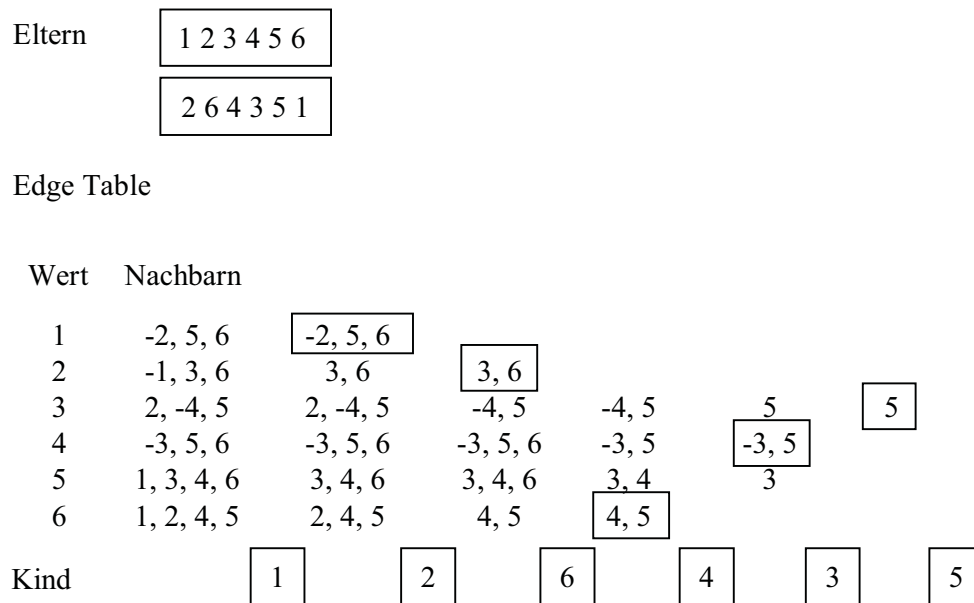


Abbildung 48: Edge Rekombination bei Sequenzdarstellung

Weil lediglich ein Kind pro Durchgang entsteht, muss Edge Rekombination doppelt so häufig durchgeführt werden wie beispielsweise der Uniform Order Based Crossover.

Wohingegen der Uniform Order Based Crossover tendenziell Reihenfolgeinformationen vererbt, bleiben bei der Edge Rekombination die Nachbarschaftsbeziehungen erhalten.

Crossover sollten generell so gestaltet sein, dass sie die Informationen der Eltern erhalten, die für das betrachtete Optimierungsproblem relevant sind. Während beim Rucksackproblem die Reihenfolge der Gegenstände entscheidend ist, sind es beim TSP die Nachbarschaftsbeziehungen. So ergibt sich eine logische Zuordnung vom Uniform Order Based Crossover zum Rucksackproblem und des Edge Crossover zum TSP.

Daneben existieren in der Literatur weitere Crossoveroperatoren, die hier aber nicht weiter dargestellt werden sollen.⁵¹³

Die Mutationsoperatoren (auch 1-Elter Sequenzoperatoren) gestalten sich vergleichsweise einfach. Hier seien

- das Prinzip des Zweiertausches,
- die Verschiebung eines Sequenzteilstückes,
- die Inversion und
- der Scramble Sublist Operator

beschrieben.⁵¹⁴

Beim Prinzip des Zweiertausches werden die Zahlen an zwei beliebigen Stellen innerhalb der

⁵¹³ Dabei handelt es sich im Einzelnen um den Order Crossover, den Cycle Crossover und den Partially Matched Crossover; vgl. Schöneburg, E., Heinzmann, F., Feddersen, S., Algorithmen, 1994, S. 273–276.

⁵¹⁴ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 63.

Sequenz ausgetauscht. Die Korrektheit der Sequenz bleibt bei dieser Mutationsform offensichtlich erhalten. Dieses Prinzip kann leicht auf mehr als zwei zu tauschende Elemente verallgemeinert werden.

Bei der Verschiebung eines Teilstückes werden zwei Punkte analog dem 2-Punkt Crossover gewählt und das dazwischenliegende Teilstück um eine zufällige Strecke verschoben. Dabei wird die Sequenz als ein Ring betrachtet, d. h. dass Elemente, die über das Ende der Sequenz hinausgeschoben werden, am Anfang wieder erscheinen.

Bei der Inversion werden wie beim 2-Punkt Crossover zwei Punkte innerhalb der Sequenz zufällig ermittelt. Das durch diese zwei Punkte umschlossene Teilstück wird in umgekehrter Reihenfolge wieder an die ursprüngliche Position geschrieben.

Der Scramble Sublist Operator unterscheidet sich von der Inversion dadurch, dass die Reihenfolge des Teilstückes nicht in umgekehrter Reihenfolge, sondern stochastisch permutiert eingesetzt wird.

Die Abbildung 49 veranschaulicht nochmals zusammenfassend die Wirkungsweise der Operatoren.

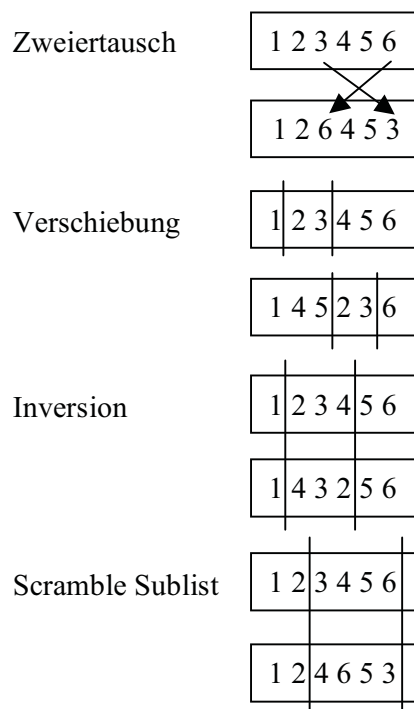


Abbildung 49: Mutationsoperatoren bei Sequenzdarstellung

Durch eine spezifische Repräsentationsform können erhebliche Performancevorteile entstehen.⁵¹⁵ Diesen Performancevorteilen steht allerdings der Nachteil entgegen, dass für eine neue Lösungsrepräsentation jeweils neue genetische Operatoren erstellt werden müssen. Dieser

⁵¹⁵ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 84-85.

Aufwand fällt allerdings nur einmalig an, so dass die Vorteile schnell überwiegen können, insbesondere für eine Repräsentationsform, für die so viele Anwendungen möglich sind wie die Sequenzdarstellung.

3.1.6 Methoden zur Erhaltung der genetischen Vielfalt

Im Verlauf der Generationen werden die Individuen immer ähnlicher, um schließlich im Grenzfall zu einer einzigen Lösung zu konvergieren. Dieses Phänomen wird als Gendrift (Genetic Drift) bezeichnet.⁵¹⁶ Obwohl es wünschenswert ist, schlechtere Lösung von der weiteren Suche auszuschließen, so kann diese Konvergenz doch gravierende Nachteile haben. Die Wirksamkeit der Crossoveroperatoren hängt in entscheidendem Maße davon ab, dass genug unterschiedliche Individuen vorhanden sind, aus denen neue Kombinationen gebildet werden können. Beispielhaft sei angenommen, dass beide Eltern an erster Stelle eine „1“ stehen haben. Bei einem 1-Punkt Crossover wird immer wieder eine „1“ an die diese Stelle kopiert. Crossoveroperatoren können also keine neuen Ausprägungen schaffen, sondern lediglich alte neu kombinieren. Sollten alle Individuen einer Generation an einer bestimmten Stelle auf dem Bitstring eine identische Ausprägung aufweisen, so kann durch Crossover allein kein Individuum mehr erzeugt werden, das an dieser Stelle eine andere Ausprägung besitzt.⁵¹⁷ Damit ist die Suche de facto auf einen Unterraum des Suchraumes beschränkt. Diese Überlegung gilt als eine Hauptmotivation für die Einführung der Mutation, die verloren gegangene Ausprägungen wiedereinführen kann.⁵¹⁸

Die kritische Masse an genetischem Material kann leicht unterschritten werden, wenn der Selektionsdruck zu groß wird, d. h. die Selektion schlechte Individuen bzw. insbesondere mittlere zu strikt aussortiert. Wenn die Population auf einen Punkt konvergiert ist, kann durch Mutation nur noch die unmittelbare Nähe dieses Punktes untersucht werden. Wenn die Population sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht in der Nähe des globalen Optimums befindet, hat die Konvergenz zu früh eingesetzt und es wird u. U. ein lokales, schlechteres Optimum gefunden und irrtümlich für das globale Optimum gehalten. Dieses unerwünschte Verhalten wird vorzeitige Konvergenz (Premature Convergence) genannt.

Auf der andern Seite kann zu geringer Selektionsdruck dazu führen, dass sich zu viele schlechte Individuen in der Population halten und die Population ziellos durch den Lösungsraum wandert, ohne sich in Richtung erfolgversprechender Regionen auszudehnen. In letzter Konsequenz kann das sogar dazu führen, dass einmal gefundene gute Lösungen wieder verloren gehen. Diesem Phänomen muss durch die Auswahl der Strategieparameter, die den Selektions-

⁵¹⁶ Weicker, K., Algorithmen, 2002, S. 31.

⁵¹⁷ Für diese Behauptung gibt es allerdings auch Gegenbeispiele, wie die intermediäre Rekombination bei Evolutionsstrategien, wo ein Wert zwischen denen der Eltern gewählt wird; vgl. Kapitel 3.1.3.2. Trotzdem bleibt die grundsätzliche Unterscheidung in der Regel bestehen.

⁵¹⁸ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 87-88.

tionsdruck steuern, entgegengewirkt werden.⁵¹⁹

Ein weiterer Grund, vorzeitige Konvergenz zu verhindern, entsteht, wenn mehrere Optima vorliegen, deren Zielfunktionswerte sich nur geringfügig unterscheiden. Dann kann es für den Entscheidungsträger interessant sein, auch die Lage der anderen Quasi-Optima zu erfahren. Dann kann er weitere bisher unberücksichtigte Kriterien – sofern sie existieren – zur Unterscheidung der Lösungen heranziehen.⁵²⁰ Dadurch entsteht implizit eine lexikographische Vorgehensweise.

Daraus wird bereits deutlich, dass es von besonderem Interesse ist, die verfrühte Konvergenz zu vermeiden, wenn mehrere konkurrierende Zielsetzungen vorliegen. Im Falle mehrerer Zielfunktionen kann ohne zusätzliche Präferenzinformationen keine optimale Lösung, sondern lediglich eine Menge nicht dominierter Lösungen gefunden werden. Die kann idealerweise in einem einzigen Durchlauf des EA ermittelt werden, wenn sich die Population eben nicht zu einer einzigen Lösung zusammenzieht. Dieser Gedanke wird in Kapitel 3.2.1 nochmals aufgegriffen.

Als Methoden, die geeignet sind, die genetische Vielfalt innerhalb einer Population zu erhalten werden

- Sharing,
- Restricted Mating und
- Crowding

genannt.

Eine gleichmäßigere Verteilung der Individuen über die interessierenden Teile des Lösungsraumes kann dadurch erreicht werden, dass die Fitnessfunktion um einen Term erweitert wird, der von der Anzahl der nahe beieinanderliegenden Individuen abhängt. Damit wird simuliert, dass Lebewesen, die in ähnlichen ökologischen Nischen leben, um Nahrung konkurrieren müssen.⁵²¹ Dadurch entsteht für die Individuen ein Vorteil, sich von der Masse der anderen Individuen zu entfernen und sich eine Nische zu suchen. Wenn also viele ähnliche Lösungen existieren, muss deren Fitness geringer ausfallen. Konkret wird vorgeschlagen, dass zwei vollständig identische Individuen die Nahrung genau teilen müssen, was ihre Fitness genau halbiert. Entsprechendes gilt für mehr als zwei Individuen. Das Ausmaß der Fitnessreduktion für lediglich ähnliche Individuen muss offensichtlich geringer ausfallen, bis zu einer Untergrenze der Ähnlichkeit, ab der keine Reduktion mehr erfolgt, weil die Individuen ausreichend unterschiedlich sind. Es werden drei Maße der Ähnlichkeit zwischen Individuen vorgeschlagen. Bei genotypischem Sharing werden Individuen verglichen, bevor sie bewertet wurden.

⁵¹⁹ Vergleiche dazu die Ausführungen zur Selektion in Kapitel 3.1.3.

⁵²⁰ Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 185-186. Dabei kann es sich beispielsweise um die Erreichbarkeit oder die Durchsetzbarkeit von Lösungen oder um beliebige weitere Ziele handeln.

⁵²¹ Diese Technik wird als Sharing (englisch: aufteilen) bezeichnet, weil Individuen in derselben ökologischen Nische ihre Ernährungsmöglichkeiten teilen müssen; vgl. zum Sharing Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 185-197.

Die genotypische Ähnlichkeit misst entweder die Unterschiede der Gene, bevor sie als Problemvariablen interpretiert wurden, oder die Unterschiede der Problemvariablen selbst. Diese Unterscheidung verschwindet, wenn eine direkte Lösungsrepräsentation wie beispielsweise bei ES gewählt wurde. Ein typisches genotypisches Ähnlichkeitsmaß, das bei Repräsentation der Individuen als Bitstrings herangezogen werden kann, ist die Hamming Distance, die zählt, wie viele Bits zweier Strings sich unterscheiden.

Als Letztes wird als phänotypische Ähnlichkeit noch der Unterschied in den Zielerreichungen für das Sharing herangezogen. Dadurch wird eine bessere Verteilung über das Zielfunktionsgebirge erzielt. Allerdings wird die Fitness zweier Individuen auch gesenkt, wenn die ähnlichen Zielfunktionswerte an gänzlich unterschiedlichen Stellen im Lösungsraum gefunden werden. Durch phänotypisches Sharing werden also gute Kompromissindividuen mit ähnlichen Zielwerten aus der Population gedrängt, auch wenn deutlich unterschiedliche Lösungswege repräsentieren. Das ist aber kein erwünschtes Verhalten, da es für den Entscheidungsträger interessant sein kann, alternative Varianten zur Erreichung dieser Kompromisslösungen in der Population zu erhalten.⁵²² Deswegen wird in der Folge immer eine Variante des genotypischen Sharing gemeint sein, wenn keine andere Angabe vorliegt.

Neben einem linearen Abfall des Teilungsfaktors – wie in Abbildung 50 – werden auch nicht-lineare Verläufe vorgeschlagen, die hier aber nicht weiter berücksichtigt werden sollen.

Es zeigt sich, dass der Erfolg der Suche stark von dem Ausmaß der Zielfunktionsreduktion abhängt, woraus folgt, dass diese Strategieparameter sehr sorgfältig bestimmt werden müssen, also insbesondere die Aussage, wie stark der Teilungsfaktor sinkt, wenn die Ähnlichkeit der Individuen abnimmt bzw. damit zusammenhängend, wie groß eine Nische ist. Den Zusammenhang zwischen Teilungsfaktor und Größe der Nische zeigt Abbildung 50.

⁵²² Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 185-186.

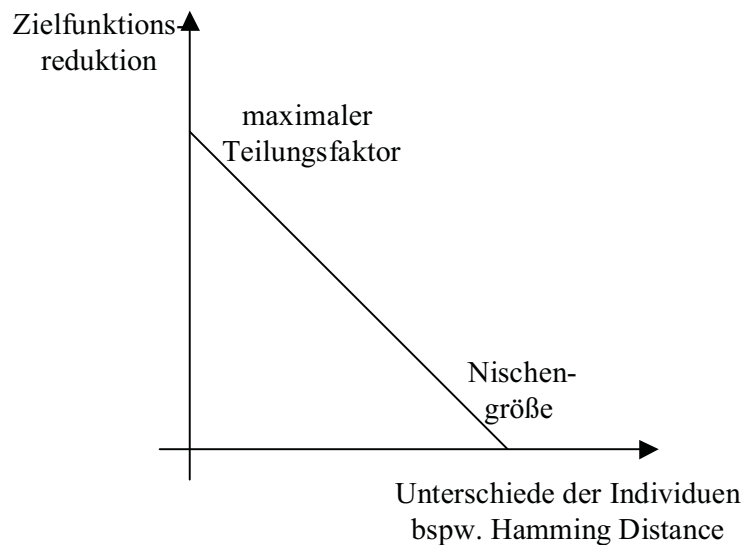


Abbildung 50: Sharing zwischen ähnlichen Individuen

Eine Alternative zu der beschriebenen Vorgehensweise ist das so genannte Restricted Mating.⁵²³ Dabei werden nur Individuen, die nah genug⁵²⁴ beieinander liegen, zur Paarung zugelassen. Dadurch bleiben die Kinder tendenziell in der Nähe der Eltern. Wenn die Ausgangsverteilung annähernd gleichmäßig ist und der Selektionsdruck nicht zu streng ist, bleibt auf diese Weise ebenfalls die genetische Vielfalt erhalten.

Eine letzte Möglichkeit stellt das Crowding⁵²⁵ dar. Es stellt eine Erweiterung des Steady-State GA dar, bei dem das Prinzip der strikten Generationenfolge (Generational Replacement) aufgehoben wird. Stattdessen treten Kinder in einer Art Turnierselektion gegen alle ähnlichen Individuen inklusive ihrer Eltern an. Aus dieser Gruppe werden die schwächsten Individuen verdrängt. Dadurch können nur ähnliche Individuen verdrängt werden. Die Verteilung über den gesamten Lösungsraum bleibt erhalten.

Weitere Möglichkeiten, ausreichend genetisches Material im Verlauf des Optimierungsprozesses zu erhalten, beruhen darauf, von Anfang an für einen ausreichenden Vorrat zu sorgen. Dazu zählen eine ausreichende Populationsgröße⁵²⁶, messy Lösungsrepräsentationen⁵²⁷ oder die Diploidie.

Bei Diploidie werden in den Individuen die genetischen Informationen zweimal abgespei-

⁵²³ Zitzler, E., *Evolutionary Algorithms*, 1999, S. 25, Lee, C.-G., Cho, D.-H., Jung, H.-K., *Algorithm*, 1999, S. 1722-1725 oder Fonseca, C. M., Fleming, P. J., *Genetic Algorithms*, 1993, S. 416-423.

⁵²⁴ Die Diskussionen, ob die Nähe genotypisch oder phänotypisch zu messen ist und wie groß solche Nischen sein müssen, können identisch zum Sharing beantwortet werden.

⁵²⁵ Mahfoud, S. W., *Crowding* 1992, S. 27-36, Zitzler, E., *Evolutionary Algorithms*, 1999, S. 26.

⁵²⁶ Vergleiche die Populationsgröße von 4000–17000 Individuen beim GP ohne Mutation; siehe S. 116.

⁵²⁷ Beim Messy-GA ist der Bitstring länger als er eigentlich benötigt wird; vgl. die Ausführungen in Kapitel 3.2.4.6.

chert. Gleichzeitig wird festgehalten, welcher der Bitstrings an welcher Stelle dominant ist. Beide Bitstrings und die Dominanzinformationen werden dem Crossover und der Mutation unterworfen. Durch Diploidie stehen für jedes Gen eine alternative Ausprägung zu Verfügung.⁵²⁸

3.1.7 Bewertung Evolutionärer Algorithmen als Optimierungsverfahren

Lösungsverfahren vom Optimierungsproblemen können nach mehreren Kriterien bewertet werden. Newell⁵²⁹ schlägt eine Bewertung nach den Kriterien Allgemeinheit (generality) und Leistungsfähigkeit (power) vor.

Unter Allgemeinheit soll dabei die Breite der Anwendbarkeit des Verfahrens verstanden werden, also für wie viele Probleme es Lösungen generieren kann. Für EA gilt, dass die Zielfunktion nicht stetig – geschweige denn zweimal stetig differenzierbar – zu sein braucht. Bereits angedeutet ist die Tatsache, dass EA in der Lage sind, sich aus lokalen Optima wieder zu befreien, woraus folgt, dass nicht vorausgesetzt ist, dass ein konvexes Problem vorliegt.⁵³⁰ Diese Argumente öffnen EA für die Anwendung auf eine Vielzahl von Problemen, die herkömmliche (exakte) Lösungsverfahren vor große Probleme stellen. Durch die unterschiedlichen Lösungsrepräsentationsformen (vgl. Kapitel 3.1.3) kann praktisch jedes Problem gelöst werden, für das eine Zielfunktion und genetische Operatoren existieren. Hinzu kommt, dass EA bei der Lösung von Mehrzielproblemen Vorteile haben (siehe Kapitel 3.2). Die überaus breite Anwendbarkeit von EA ist durch eine Vielzahl von Veröffentlichungen zu unterschiedlichsten Anwendungsgebieten belegt.⁵³¹

Die Leistungsfähigkeit lässt sich wiederum an drei Dimensionen messen:

- Lösungswahrscheinlichkeit, als die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Verfahren eine Lösung einer definierten Mindestgüte findet,
- Lösungsqualität, als die erwartete Abweichung von einem globalen Optimum,
- Ressourcenbedarf, als Aufwand in Rechenzeit und Speicherbedarf, um die genannte Lösungswahrscheinlichkeit und -qualität zu erreichen.

Empirische Untersuchungen bestätigen EA prinzipiell eine hohe Lösungssicherheit und -qualität.⁵³² Es existieren Überlegungen, die die empirisch ermittelte gute Leistungsfähigkeit der EA auch theoretisch untermauern.⁵³³

⁵²⁸ Collinwood, E., Corne, E., Ross, P., Diversity, 1996, S. 810-813.

⁵²⁹ Newell, A., Programming, 1969, S. 361-414.

⁵³⁰ Vergleiche die Ausführungen in Fußnote 501.

⁵³¹ Die Literatur über die Anwendung von GA ist kaum überschaubar, hier sei lediglich beispielhaft eine Sammlung von Veröffentlichungen genannt: Schoenauer, M., Deb, K., Rudolph, G., Yao, X., Lutton, E., Merelo, J. J., Schwefel, H.-P. (Hrsg.), Problem, 2000, S. 243-314 und S. 601-734.

⁵³² Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 314-315.

⁵³³ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 92-96, zur theoretischen Fundierung insbesondere bei Mehrzielproblemen Rudolf, G., Algorithm, 1998, S. 511-516.

Der Ressourcenbedarf wird dahingegen häufig als hoch eingeschätzt und als ein Hauptnachteil der EA genannt.⁵³⁴

Andererseits ist der Lösungsaufwand über die Populationsgröße, die Anzahl der Generationen und einige weitere unbedeutendere Größen relativ frei wählbar. Es ist also möglich, unter Verzicht auf Lösungsgüte die Lösungssuche zu beschleunigen. Daraus folgt, dass EA bei NP-harten Problemen, für die keine Verfahren existieren, die die optimale Lösung in endlicher Zeit finden, aufgrund des beschränkten Lösungsaufwandes vorzuziehenswert sind.⁵³⁵

Häufig ist zwischen den Kriterien Allgemeinheit und Leistungsfähigkeit ein inverser Zusammenhang zu beobachten. Methoden mit hoher Leistungsfähigkeit und geringer Allgemeinheit werden dabei als „starke“, solche mit geringerer Leistungsfähigkeit und höherer Allgemeinheit als „schwache“ Methoden bezeichnet. Abbildung 51 verdeutlicht diese Unterscheidung.

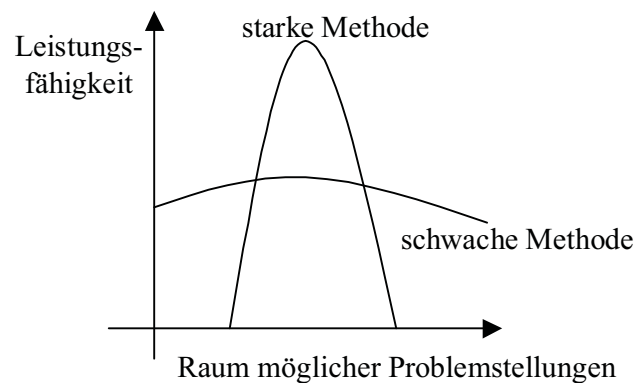


Abbildung 51: Starke und Schwache Algorithmen

Die Einordnung von EA in dieser Klassifikation hängt von der genauen Ausgestaltung des Algorithmus' ab, der gerade betrachtet wird. Standard-GA sind sicherlich weit anwendbar, aber sie weisen aufgrund ihrer geringen Anpassung an das Problem Nachteile in der Performance auf. Dahingegen sind GA, die mit einer spezifischen Initialisierungsroutine und lokalen Verbesserungsmethoden kombiniert sind, nur noch auf spezielle Probleme anwendbar. Für diese Einschränkung werden aber Vorteile in der Performance ertauscht. Diese Vorteile kommen in besonders hohem Maße zum Tragen, wenn

- gültige Startlösungen schwer zu finden sind,
- hohe Konvergenzgeschwindigkeit unabdingbar ist (z.B. in Echtzeitanwendungen),
- die Suche nur in bestimmten Gebieten eines sehr komplexen Lösungsraumes zweckmäßig ist
- die Anzahl von Lösungsbewertungen niedrig gehalten werden muss, weil jede einzelne Bewertung aufwendig ist.⁵³⁶

⁵³⁴ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 20 oder Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 327-328.

⁵³⁵ Vergleiche zur Ermittlung des Lösungsaufwandes für bestimmte Problemklassen insbesondere Rucksackprobleme Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Introduction, 2000, S. 334-335.

⁵³⁶ Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 39.

Daraus folgt, dass EA eher den schwachen Methoden zuzuordnen sind, aber sich durch spezifische Anpassungen an die zu lösenden Probleme in dem Kontinuum zwischen schwachen und starken Methoden in Richtung starker Methoden verlagern können.

Zusammenfassend können als Stärken der EA

- die breite Anwendbarkeit der Grundoperatoren der EA und die flexible Anpassungsmöglichkeiten an ein Vielzahl von Problemtypen,
- die Eignung für hoch-komplexe Suchräume,
- die Abwesenheit von restriktiven Annahmen über die Zielfunktion,
- die gute Verständlichkeit der Basisprinzipien,
- die Anwendbarkeit auch bei geringem Verständnis der Struktur des Anwendungsproblems,
- die guten Kombinationsmöglichkeiten mit Fuzzy-Systemen, neuronalen Netzen, lokalen Suchverfahren und Initialisierungsheuristiken und
- die gute Parallelisierbarkeit

genannt werden.

Dem stehen als Nachteile

- die fehlende Optimalitätsgarantie,
- der hohe Rechenaufwand,⁵³⁷
- die Ineffektivität in der Schlussphase der Optimierung und
- die schwierige Anpassung an eine spezielle Problemstellung entgegen.⁵³⁸

3.2 Algorithmen für den Umgang mit Mehrzielproblemen

3.2.1 Allgemeine Problemstellung

Bei praktischen Problemstellungen tritt häufig die Schwierigkeit auf, dass ein Entscheidungsträger in Anbetracht einer Problemstellung mehrere Ziele verfolgt, wofür er einen Kompromiss sucht. Genauso können verschiedene beteiligte Parteien unterschiedliche Ziele verfolgen, so dass zwischen ihnen ein Ausgleich geschaffen werden muss. Es ist zu beachten, dass nur bei mindestens zwei Zielgrößen, die nicht aufrechenbar sind, von echten Mehrzielproblemen gesprochen wird, andernfalls könnten die Ziele unter Zuhilfenahme einer Transformationsvorschrift in eine Gesamtzielfunktion überführt werden.⁵³⁹

⁵³⁷ Die Annahme stetigen Wachstums der Leistungsfähigkeit der Rechenkapazitäten insbesondere im Bereich der Parallelrechner relativieren diesen Nachteil.

⁵³⁸ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 247-250.

⁵³⁹ Als ein Beispiel sei hier der Wunsch genannt, für ein Lagerhaltungsproblem das gebundene Kapital und die Reaktionszeiten auf Bestellungen nachgelagerter Produktionsstufen zu minimieren. Hier könnte es gelingen eine gemeinsame Kostenfunktion zu finden, die Kapitalkosten und Kosten aus Produktionsverzögerungen aggregiert. Wenn die Bestellungen von Kunden ausgingen, könnte die Umwandlung in eine Kostenfunktion ungleich schwieriger sein, weil dadurch Kundenabwanderungen zu anderen Anbie-

In der Literatur werden zwei grundsätzliche Fälle bei der Mehrzieloptimierung unterschieden. Dabei bezeichnet MODM (Multi Objective Decision Making) den Fall, dass eine stetige Alternativenmenge betrachtet wird. Dahingegen bezeichnet MADM (Multi Attribute Decision Making) den Fall diskreter Alternativen.⁵⁴⁰

Bei Mehrzielproblemen werden Situationen nach dem Grad der Übereinstimmung der Ziele unterschieden. Die Übereinstimmung wird häufig in Form des Korrelationskoeffizienten (η) der Zielerreichungen angegeben. Zielidentität liegt vor, wenn das Optimum einer Zielfunktion das gleichzeitige Erreichen des Optimums der anderen impliziert ($\eta = 1$). Zielkomplementarität bezeichnet den Fall, dass Ziele sich gegenseitig verstärken ($1 > \eta > 0$). Zielindifferenz liegt vor, wenn die Ziele unabhängig voneinander zu optimieren sind ($\eta = 0$). Unter Zielkonkurrenz wird der Fall verstanden, dass die Verbesserung eines Zieles zu einer Verschlechterung des anderen führt ($0 > \eta > -1$). Zielantinomie ist das Extrem der Zielkonkurrenz, bei der die Zielfunktionen genau entgegengesetzt verlaufen ($\eta = -1$).⁵⁴¹

Die hier beschriebenen Fälle liegen selten in Reinform vor. Es ist denkbar, dass Lösungsgebiete existieren, in denen Zielfunktionen noch indifferent sind, aber in anderen Bereichen Zielkonkurrenz auftritt.

Bei mehr als zwei Zielen steigt die Komplexität schnell an, weil die Beziehung von jedem Ziel mit jedem anderen beachtet werden muss.

Ausschließlich Probleme, bei denen zwischen mindestens zwei Zielen Konkurrenz vorliegt, stellen Mehrzielprobleme im engeren Sinne dar.⁵⁴²

Bei diesen zeigt sich nämlich, dass die Definition der Optimalität von Einzelproblemen nicht ausreicht, um die Lösungen von Mehrzielproblemen zu beurteilen. Kann es bei Einzelproblemen nur dann zu mehreren (globalen) Optima kommen, zwischen denen ein Entscheidungsträger indifferent ist, wenn Lösungen mit identischem Zielwert existieren, so liegt bei Mehrzielproblemen regelmäßig ein Auswahlproblem zwischen mehreren Lösungen vor. Denn zwischen Lösungen die sich in unterschiedlichen Zielfunktionen wechselseitig übertreffen kann ohne zusätzliche Präferenzinformationen keine Reihenfolgeentscheidung getroffen werden.

Eine Lösung, die für jedes Zielkriterium den individuell optimalen Wert aufweist, heißt perfekte Lösung und der zugehörige Vektor der Zielfunktionswerte perfekter Zielvektor. Ist die perfekte Lösung zulässig, heißt sie ideale Lösung.⁵⁴³ Da die Optima der Einzelzielfunktionen selten auf einen Punkt fallen,⁵⁴⁴ entstehen individuelle Optima. Aus dieser Überlegung ent-

tern und ein Imageverlust einhergehen könnten. Wenn diese Aspekte als relevant erachtet werden, sollten besser zwei separate Zielfunktionen betrachtet werden; vgl. Götze, U., Bloech, J., Investitionsrechnung, 1995, S. 140.

⁵⁴⁰ Zimmermann, H. J., Gutsche, L., Analyse, 1991, S. 25-27.

⁵⁴¹ Heinen, E., Industriebetriebslehre, S. 35-36 oder Wöhe, G., Döring, U., Einführung, 2000, S. 121-124.

⁵⁴² Götze, U., Bloech, J., Investitionsrechnung, 1995, S. 136.

⁵⁴³ Zimmermann, H. J., Gutsche, L., Analyse, 1991, S. 98-100.

⁵⁴⁴ Zimmermann, H. J., Gutsche, L., Analyse, 1991, S. 430. Diese Aussage ist äquivalent zu der, dass Zielkonkurrenz vorliegt; vgl. Fußnote 542.

steht eine angepasste Definition für Optimalität für Mehrzielprobleme, die nach Pareto⁵⁴⁵ Paretooptimalität genannt wird:

Eine Lösung (x) dominiert (\succeq) eine andere (x'), wenn sie in allen Einzelzielen mindestens genauso hohe Zielwerte und in mindestens einem Ziel bessere Werte erreicht. Dies lässt sich formal formulieren als:

$$x \succeq x' \Leftrightarrow (\forall i | z_i(x) \geq z_i(x')) \wedge (\exists i | z_i(x) > z_i(x'))$$

mit: $i \in \{1, \dots, k\}$

Eine Lösung ist paretooptimal, wenn keine Lösung existiert, die sie dominiert:

$$x \in X_p \Leftrightarrow \neg \exists x' | x' \succeq x \wedge x' \in X \quad ^{546}$$

In Abbildung 52 sind die paretooptimalen Individuen grau unterlegt.

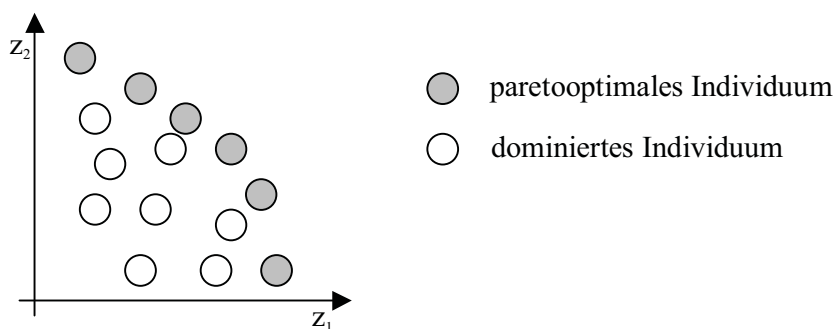


Abbildung 52: Paretooptimale Individuen

Es existiert regelmäßig eine Menge von paretooptimalen Lösungen, zwischen denen ohne eine a priori Aussage über die Wertigkeit bzw. die Rangfolge der Ziele keine Reihenfolgebildung möglich ist. Diese Menge wird Paretomenge genannt. Damit erweitert sich die Mehrzieloptimierung von der Suche nach einem globalen Optimum zu einer Suche nach einer Menge von paretooptimalen Lösungen. Diese Menge nimmt tendenziell mit steigender Anzahl der Ziele an Mächtigkeit zu. Die eigentliche Entscheidung durch den Entscheidungsträger erfolgt erst nach Ermittlung der Paretomenge.

Die individuellen Optima stellen gute Ausgangspunkt für die Suche nichtdominierter Lösungen dar.⁵⁴⁷ Das sei am Beispiel von zwei Zielfunktionen (z_1 und z_2) in Abbildung 53 illustriert. Sei $z_1(x_{opt1})$ das individuelle Optimum für die Zielfunktion 1. Dann ist $z_2(x_{opt1})$ die untere Schranke für den Wert der Zielfunktion 2, der noch von Interesse ist. Denn alle Lösungen, für die z_2 geringer ist als $z_2(x_{opt1})$, werden von x_{opt1} dominiert.

⁵⁴⁵ Pareto, V., Cours, 1896, zitiert nach Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 272.

⁵⁴⁶ Veldhuizen van, D. A., Algorithm, 1999, S. 2-3.

⁵⁴⁷ Isermann H., Optimierung, 1991, S. 431.

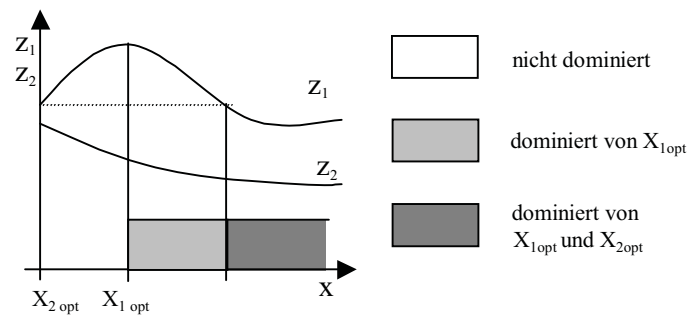


Abbildung 53: Dominanz der individuellen Optima

Eine häufig beobachtete Schwierigkeit bei Problemen mit konfliktären Zielsetzungen ist, dass die Entscheidungsträger zu Beginn des Lösungsprozesses die eigenen Präferenzen nicht kennen bzw. nicht formulieren können. Die Informationen über Zielgewichtungen liegen also anfangs nicht vor und müssen als Nebenprodukt der Mehrzieloptimierung selbst explizit ermittelt werden. Deswegen werden Methoden zum Umgang mit der Mehrzielproblematik auch nach dem Informationsstand über die Präferenzen in Klassen eingeteilt. Die erste Klasse beschreibt Methoden, bei denen diese Informationen von vornherein explizit vorhanden sind. Ein Beispiel soll – unter Vorwegnahme des nächsten Kapitels – die gewichtete Summe der Zielfunktionen darstellen. Dafür müssen Gewichtungskoeffizienten von vornherein bekannt sein. Die zweite Klasse benötigt die Informationen über die Präferenzen nicht. Mit diesen Methoden wird die Menge der paretooptimalen Lösungen bestimmt. Die Auswahl aus dieser Menge muss der Entscheidungsträger selbst vornehmen. Da die Paretomenge regelmäßig um ein vielfaches kleiner als der Lösungsraum ist, kann sich diese Vorauswahl als ausreichende Hilfe für den Entscheidungsträger erweisen. Die dritte Klasse dient der gleichzeitigen Ermittlung der Präferenzen und der dazugehörigen besten Lösung. Dabei werden zyklisch Präferenzen vom Entscheidungsträger erfragt und mit deren Hilfe eine optimale Lösung ermittelt. Danach wird diese Lösung dem Entscheidungsträger vorgelegt, der daraufhin festlegen kann, welche Ziele stärker oder schwächer berücksichtigt werden sollen. Dieser Prozess aus Ermittlung der Präferenzen und der zugehörigen Lösung wird zyklisch wiederholt, bis eine vom Entscheidungsträger akzeptierte Lösung entstanden ist, oder das Problem als nicht befriedigend lösbar erkannt wurde. Diese Verfahren werden als interaktiv bezeichnet. Ein typische Beispiel für interaktive Verfahren ist die *Step Method* (STEM),⁵⁴⁸ wobei die neuen Informationen über die Präferenzen als Nebenbedingungen eingearbeitet werden. Bei STEM wird mit jedem neuen Schritt für eine Zielfunktion eine neue Nebenbedingung eingeführt, die einen Zielfunktionswert spezifiziert, der nicht mehr unterschritten werden darf. Im Gegenzug sinken die noch nicht restringierten Zielfunktionen. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis

⁵⁴⁸ Benayoun, R., de Montgolfier, J., Tergny, J., Laritchev, O., Programming 1971, S. 365-375.

für alle Zielfunktionen eine Untergrenze angegeben worden ist. Wenn eine Untergrenze nicht erreicht werden kann, müssen vorherige Grenzen gelockert oder die Lösungssuche ohne Ergebnis abgebrochen werden. Genauso ist ein Verfahren denkbar, das bei jedem Durchlauf den Wert einer Zielfunktion nach oben beschränkt, wodurch die noch freien Ziele die Möglichkeit zur Verbesserung erhalten. Da bei diesen Verfahren keine Austauschraten für Zielfunktionspaare angegeben werden müssen, werden sie als Verfahren mit impliziten Trade-Off bezeichnet. Dem stehen Verfahren mit expliziten Trade-Off wie die Verfahren von Geoffrion, Dyer und Feinberg oder von Zionts und Wallenius gegenüber.⁵⁴⁹

Allgemein haben interaktive Verfahren die Vorteile höherer Flexibilität, da sie nicht an ein bestimmtes Kompromissmodell gebunden sind, der Lernfähigkeit im Verfahrensablauf und einer höheren Akzeptanz, weil die Entstehung des Kompromisses leichter nachvollzogen werden kann. Nachteilig sind ein erhöhter Aufwand durch das mehrmalige Durchlaufen eines einfachen Optimierungslaufes und die Ungewissheit, ob überhaupt Konvergenz erreicht wird.⁵⁵⁰

Abbildung 54 verdeutlicht den allgemeinen Verfahrensablauf eines interaktiven Vorgehens.

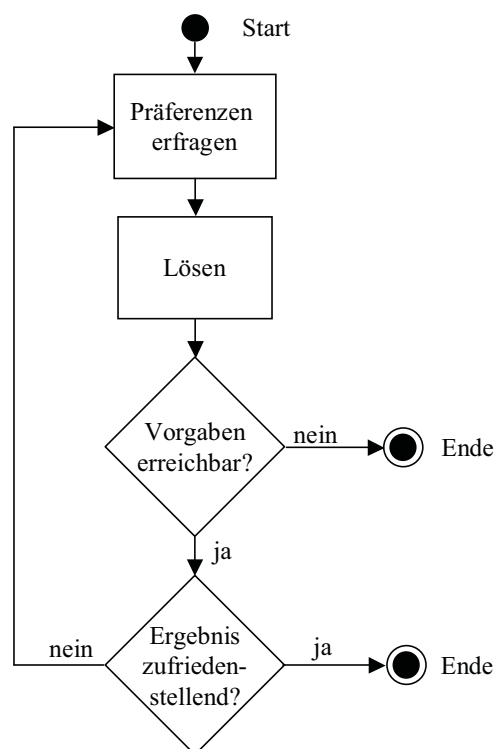


Abbildung 54: Interaktives Vorgehen⁵⁵¹

Die Einteilung in Methoden mit ex-ante-, interaktiver oder ex-post-Offenlegung der Präfe-

⁵⁴⁹ Geoffrion, A. M., Dyer, J. S., Feinberg, A., Approach, 1972, S. 357-368 und Zionts, S., Wallenius, J., Method, 1976, S. 519-529.

⁵⁵⁰ Zimmermann, H. J., Gutsche, L., Analyse, 1991, S. 139-142.

⁵⁵¹ Darstellung in Anlehnung an: Zimmermann, H. J., Gutsche, L., Analyse, 1991, S. 138.

renzinformationen eignet sich aber nicht als Gliederungskriterium für dieses Kapitel, da einige Methoden in mehrere Klassen fallen würden. Beispielsweise kann mit der gewichteten Summe der Zielfunktionen bei vorheriger Bekanntheit der Gewichtungskoeffizienten optimiert werden. Dieses Verfahren kann aber auch zur interaktiven Ermittlung der Präferenzen verwendet werden, indem jedes Mal modifizierte Gewichte eingesetzt werden. Generell eignen sich alle Mehrzielverfahren, die eine Gewichtung der Einzelziele zulassen, zur interaktiven Mehrzieloptimierung. Deswegen werden dafür keine speziellen Methoden angegeben.

In Kapitel 3.2.2 werden Ansätze verfolgt, die versuchen, die Einzelziele zu einer einzigen Zielgröße zu verdichten. Wenn das gelingt, können die Standardverfahren der Optimierung mit einer Zielsetzung herangezogen werden.

Das Phänomen, dass sich die Suche auf die Menge paretooptimaler Individuen ausweitet, lässt EA besonders geeignet für Mehrzielprobleme erscheinen, weil sie durch das Populationskonzept in einem einzigen Durchlauf immer eine Menge von Lösungen generieren. Der Wunsch liegt nahe, die Menge der paretooptimalen Lösungen aus der Population der letzten Generation des EA zu gewinnen. Dieser Ansatz wird in Kapitel 3.2.3 verfolgt.

In Kapitel 3.2.4 schließlich werden weitere Ansätze verfolgt, die nicht in die vorgenannten Kategorien passen.

Im Gegensatz zu den bis dahin betrachteten Methoden, die für GA und damit implizit auch für GP und CS geeignet sind, modifizieren die Algorithmen des Kapitels 3.2.5 die (μ, λ) - und die $(\mu + \lambda)$ -Selektion und sind deswegen ausschließlich für ES geeignet.

Einige der folgenden Erläuterungen und insbesondere grafische Darstellungen beziehen sich der Übersichtlichkeit halber explizit auf zwei Zielfunktionen. Dennoch sind alle Verfahren auch auf Probleme mit mehr Zielen anwendbar.

3.2.2 Aggregation der Zielfunktionen

3.2.2.1 Gewichtete Summe

Die einfachste Vorgehensweise ist der Weighted Sum Genetic Algorithm (WSGA), bei dem anstelle der einzelnen Zielfunktionen deren gewichtete Summe herangezogen wird:

$$\sum_{i=1}^k w_i z_i(x) \Rightarrow \max!^{552}$$

u.d.N.:

$$x \in X$$

$$\sum_{i=1}^k w_i = 1$$

mit:

z_i Zielfunktion i

w_i Gewichtungsfaktor für die Zielfunktion i

⁵⁵² Die Maximierung sei hier und in den folgenden Kapiteln ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen. Die vorgestellten Konzepte lassen sich auch auf Minimierungsprobleme anwenden.

k Anzahl der Zielfunktionen
 X Menge der zulässigen Lösungen

gefordert.

Vorteilhaft an dieser Vorgehensweise ist, dass Standardmethoden für Einzelprobleme herangezogen werden können, die regelmäßig besser entwickelt sind als ihre Entsprechungen für Mehrzielprobleme. Zusätzlich muss auch lediglich ein einziger Optimierungsdurchgang durchgeführt werden, was den Rechenaufwand sehr gering hält.

Es erweist sich allerdings als sehr schwierig die Gewichtungsfaktoren im Voraus zu ermitteln.⁵⁵³ In tatsächlichen Entscheidungssituationen stellt sich heraus, dass der Entscheidungsträger erst im Verlauf der Beschäftigung mit dem Problem seine Präferenzen erforschen muss. Dann müssen eine Vielzahl von Durchläufen mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren durchgeführt werden.

Eine Eigenschaft dieser Vorgehensweise ist, dass ein ermitteltes Optimum immer Element der Paretomenge ist.⁵⁵⁴ Das verführt zu dem Versuch, die Paretomenge durch wiederholte Durchläufe mit systematisch veränderten Gewichten anzunähern. Dieser Versuch ist allerdings zum Scheitern verurteilt, weil so konkave Teile der Paretomenge nicht gefunden werden können.⁵⁵⁵ Dieses Problem ist in Abbildung 55 verdeutlicht. Die unterschiedlichen Steigungen der gestrichelten Isozielgeraden angedeutet. Bei dem dargestellten Problem sind die Zielfunktionen zu minimieren. Deswegen sind die Tangentialpunkte, die durch das Verschieben der Isozielfunktionen aus dem Ursprung entstehen, die zu der jeweiligen Zielgewichtung korrespondierenden Elemente der Paretomenge. Es zeigt sich, dass ein Bereich existiert, der durch keine Isozielfunktion erreicht werden kann.

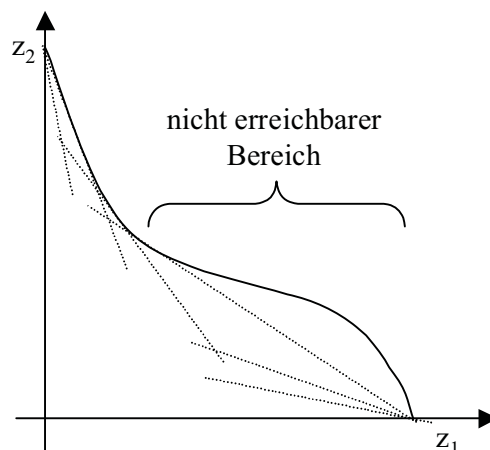


Abbildung 55: Konkave Bereiche der Paretomenge

Bei dieser Herangehensweise kann als ein weiteres Problem der Fall auftreten, dass nicht alle

⁵⁵³ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 275.

⁵⁵⁴ Der Umkehrschluss gilt aber nicht: Nicht jede paretooptimale Lösung ist durch eine entsprechende Gewichtung der Zielfunktionen zu erreichen; vgl. Schneeweiß, C., Planung, 1991, 142-144.

⁵⁵⁵ Ritzel, B. J., Eheart, J. W., Ranjithan, S., Algorithms, 1994, S. 1589-1603.

Ziele vergleichbare Wertebereiche umspannen. Genauso können sich die absoluten Ausprägungen stark unterscheiden. Dann werden Verbesserungen in einer Zielfunktion durch ihre höhere absolute Differenz die Suchrichtung bestimmen. Besondere Schwierigkeiten können dadurch entstehen, dass unterschiedliche Optimierungsrichtungen vorliegen, wenn einige Ziele zu minimieren und andere zu maximieren sind. Deswegen werden Transformationen der Fitness vorgeschlagen, die die Zielfunktionen vergleichbar machen.⁵⁵⁶

Rohfitness:

$$z_{ro}(x)$$

Standardisierte Fitness:

$$z_{st}(x) = \begin{cases} z_{ro}(x) & \text{bei Minimierung} \\ z(x_{opt}) - z_{ro}(x) & \text{bei Maximierung} \end{cases}$$

Justierte Fitness:⁵⁵⁷

$$z_{ju}(x) = \frac{1}{1 + z_{st}(x)}$$

mit:

$$z(x_{opt}) = \text{maximale Ausprägung}$$

Ein Problem, das die prinzipielle Anwendbarkeit der gewichteten Summe als Ersatzmodell in Frage stellt, ist, dass die Gewichtung der Ziele abhängig von dem Ausmaß ihrer Erreichung sein kann. Dieses Phänomen kann nicht mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren gelöst werden.⁵⁵⁸ Trotzdem wird dieses Verfahren aufgrund seiner Einfachheit stark angewandt.⁵⁵⁹

3.2.2.2 Goal Programming⁵⁶⁰

Bei dieser Vorgehensweise werden für jede Zielfunktion Mindesterreichungsschranken vom Entscheidungsträger erfragt. Danach wird die Summe der Verletzungen der Schranken minimiert.

$$\sum_{i=1}^k |z_i(x) - \varepsilon_i| \Rightarrow \min!$$

u.d.N.:

$$x \in X$$

⁵⁵⁶ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 116.

⁵⁵⁷ Anstelle der Justierung kann auch nur die Standardisierung vorgenommen werden, wenn die Ausprägungen der Zielfunktionen nicht stark divergieren. Diese Schritte sind der Literatur entnommen, wo sie vorgeschlagen werden, damit die Implementierung der Selektion unabhängig von der zugrundeliegenden Zielfunktion vorgenommen werden kann. Sie sind aber auf die Mehrzielproblematik übertragbar; vgl. Nissen, V., Einführung, 1997, S. 116.

⁵⁵⁸ Als Beispiel kann der Wunsch nach liquiden Mitteln dienen, die nur dann ein sehr wichtiges Ziel ist, solange die Gefahr der Illiquidität droht. Wenn ein Unternehmen ausreichend liquide ist, kann es sogar zu einer Umkehrung der Zielrichtung kommen, weil aufgrund von Kapitalkosten die Bestände an liquiden Mitteln eingeschränkt werden sollen.

⁵⁵⁹ Ishibuchi, H., Murata, T., Algorithm, 1996, S. 119-124.

⁵⁶⁰ Sandgren, E., Design, 1994, S. 225-265.

mit:

ε_i Mindesterreichungsschranke für Ziel i

Diese Methode kann auch allgemeiner als

$$\sum_{i=1}^k (w_i |z_i - \varepsilon_i|)^p \Rightarrow \min!$$

mit:

p Streckungsfaktor⁵⁶¹

formuliert werden.

Vorteilhaft bei dieser Methode ist, dass hierbei die Ziele nur in den Bereichen Berücksichtigung finden, die für den Entscheidungsträger relevant sind.⁵⁶² Außerdem ist es mit der systematischen Variation der Gewichtungsfaktoren möglich, die Paretomenge näherungsweise zu bestimmen.⁵⁶³

Negativ ist, dass, wenn die Schranken so gewählt werden, dass alle erfüllt werden können, zwischen den zulässigen Lösungen keine Unterscheidung mehr stattfindet. Dann können auch dominierte Lösungen ausgewählt werden.⁵⁶⁴

3.2.2.3 Goal Attainment

Beim Goal Attainment werden von dem Entscheidungsträger sowohl Gewichte als auch Zielerreichungsgrenzen für die Zielfunktionen erfragt. Daraus wird folgendes Ersatzproblem gebildet.

$$\alpha \quad \Rightarrow \max!$$

u.d.N.:

$$\varepsilon_i + \alpha \cdot w_i \geq z_i(x) \quad \forall i$$

$$\sum_{i=1}^k w_i = 1$$

$$x \in X$$

$$\alpha \in \mathbb{R}$$

mit:

α Erfüllungskoeffizient

ε_i untere Schranke für Zielfunktion i

w_i Gewichtungsfaktor für Ziel (negativ für Minimierung)

Das bedeutet, dass x so gewählt wird, dass alle Zielfunktionen so nahe wie möglich an die angegebenen Schranken herankommen ($\alpha < 0$) bzw. sie sogar überschreiten ($\alpha > 0$). Aus der Ausprägung von α kann der Entscheidungsträger also ablesen, ob seine Zielfunktionsschranken erreichbar sind oder nicht.

⁵⁶¹ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 276-277.

⁵⁶² Als Beispiel kann wiederum die Liquidität erhalten. Wenn das Mindestmaß an flüssigen Mitteln erreicht ist, werden zusätzliche Mittel nicht mehr belohnt. Dadurch kann der Widerspruch mit dem Ziel, gebundenes Kapital zu minimieren, vermieden werden.

⁵⁶³ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 277-278.

⁵⁶⁴ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 278.

Durch die Variation der Gewichte kann die Paretomenge sogar bei konkavem Verlauf angenähert werden.⁵⁶⁵

Nachteilig ist, dass mit dieser Vorgehensweise Individuen mit gleichem α nicht unterschieden werden können. Dabei ist es möglich, dass zwei Individuen ausschließlich im Abstand ihrer jeweils schwächsten Zielfunktion übereinstimmen und sich in allen übrigen Ausprägungen deutlich zugunsten eines der beiden unterscheiden. Dann werden beide Individuen dasselbe α aufweisen. Dadurch führt diese Vorgehensweise zu einer nicht optimalen Selektion.⁵⁶⁶

3.2.2.4 ε -Constraint Methode⁵⁶⁷

Bei der ε -Constraint Methode wird die Optimierung lediglich für die als am wichtigsten eingeschätzte Zielfunktion durchgeführt. Für die anderen Zielfunktionen werden untere Schranken in Form von Nebenbedingungen eingeführt, die erreicht werden müssen und so eine Mindestberücksichtigung garantieren.

$$z_1(x) \Rightarrow \max!$$

u.d.N.:

$$z_i(x) \leq \varepsilon_i \quad \forall i, i \neq 1$$

$$x \in X$$

mit:

1 Index der wichtigsten Zielfunktion

ε_i untere Schranke der Zielerreichung für das i-te Ziel

Für die ε können Bereiche angegeben werden, in denen sie sinnvollerweise liegen sollten. Ein höherer Wert als das jeweilige individuelle Optimum der Zielfunktion ist offensichtlich unsinnig. Das individuelle Optimum der Hauptzielfunktion liefert untere Schranken für alle anderen Nebenzielfunktionswerte, denn alle Lösungen sind in der Hauptzielfunktion weniger oder maximal gleich stark wie das individuelle Optimum der Hauptzielfunktion. Deswegen sollten die anderen Zielfunktionen besser sein, um als optimale Lösung in Frage zu kommen. Andernfalls würden sie ja vom individuellen Optimum der Hauptzielfunktion dominiert.

$$\varepsilon_i \leq z_i(x_{1,\text{opt}}) \quad \forall i, i \neq 1$$

$$\varepsilon_i \geq z_i(x_{i,\text{opt}}) \quad \forall i, i \neq 1$$

mit:

$x_{i,\text{opt}}$ individuell optimale Lösung für Zielfunktion i

$x_{1,\text{opt}}$ individuell optimale Lösung für die Hauptzielfunktion

Diese Einschränkungen setzen allerdings die vorherige Ermittlung der individuellen Optima voraus.

Veranschaulichen lassen sich diese Zielfunktionsschranken durch Abbildung 53, in der sie die

⁵⁶⁵ Wilson, P. B., McLeod, M.D., Implementation, 1993, S. 4/1-4/8.

⁵⁶⁶ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 278.

⁵⁶⁷ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 278-279 bzw. Loughlin, D. H., Ranjithan, S., Neighborhood, 1997, S. 666-673.

Suche auf die nicht dominierten Bereiche (weiß markiert) lenkt.

Vorteilhaft ist, dass für beschränkte Lösungsräume erprobte Suchverfahren zur Verfügung stehen. Die Vorgehensweise ist gut verständlich und der Rechenaufwand ist relativ gering. Eine besondere Stärke ist, dass es vielen Entscheidungsträgern leichter fällt, Mindestschranken anstelle von Austauschverhältnissen oder Gewichten, zu benennen.

Nachteilig ist, dass für Ziele, die in Nebenbedingungen abgebildet werden, bei Zulässigkeit lediglich eine bestimmte Mindestbefriedigung garantiert werden kann. Eine darüber hinausgehende höhere Erfüllung der Ziele zieht aber keine höhere Bewertung der Lösung mehr nach sich, weil diese Ziele nicht in der eigentlichen Zielfunktion berücksichtigt werden.

Werden die Schranken für die Nebenziele zu hoch gewählt, so dass der zulässige Raum nur knapp erreicht wird, kann der Freiheitsgrad für die Optimierung so gering werden, dass das Hauptziel keine guten Bereiche mehr erreicht. Dadurch wird die Gewichtung von Haupt- und Nebenzielen auf den Kopf gestellt.

Ein Ziel sollte deutlich das wichtigste sein, weil sonst die Spaltung in ein Hauptziel und mehrere Nebenziele Schwierigkeiten bereitet.

3.2.3 Ausnutzung der Paretomenge

Den Ansätzen dieses Kapitels ist gemeinsam, dass sie versuchen, die Paretomenge anzunähern, um sie dem Entscheidungsträger als Vorauswahl vorzulegen.

Die Paretomenge kann sehr umfangreich sein. Schon bei zwei Zielen, die stetige Ausprägungen zulassen, geht die Mächtigkeit der Paretomenge gegen unendlich.⁵⁶⁸ Damit ist die Paretomenge zu groß, als dass alle Elemente gleichzeitig in der Population vorhanden sein könnten. Bei dem Umfang der Paretomenge ist die Gefahr, einmal erreichte Elemente wieder zu verlieren, sehr groß. Deshalb gilt eine besondere Form des Elitismus, bei dem in einer zusätzlichen Menge der bisherige Stand der Paretomenge festgehalten wird, als unerlässlich.⁵⁶⁹ Dieser Stand wird nach jeder Generation um die neuen paretooptimalen Individuen ergänzt und um die nun dominierten verringert.

Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abbildung 56.

⁵⁶⁸ Bei drei Zielfunktionen ist die Paretomenge eine Fläche. Bei mehr Zielfunktionen eine Hyperfläche. Eine vollständigen Ermittlung und Speicherung der Paretomenge ist im stetigen Fall unmöglich.

⁵⁶⁹ Zitzler, E., *Evolutionary Algorithms*, 1999, S. 70.

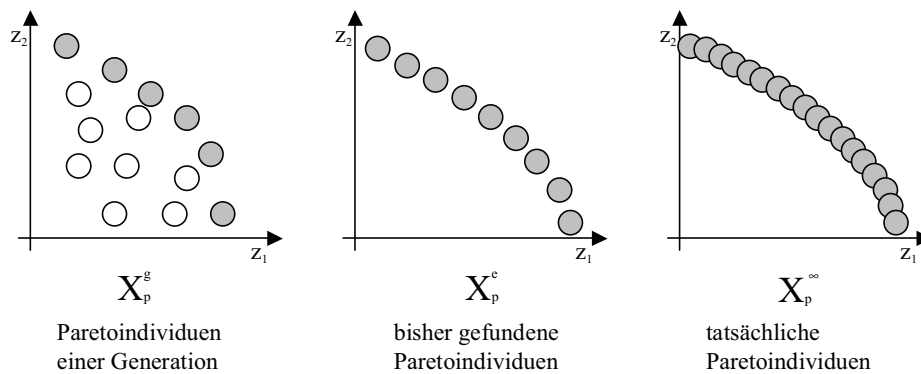


Abbildung 56: Zusammenhang der Paretomengen⁵⁷⁰

Bei der Ermittlung der Paretomenge können unerwünschte Phänomene auftreten, wie eine Abweichung von der tatsächlichen Paretomenge, die Konzentration auf einen Ausschnitt, eine nur lückenhafte Ermittlung oder die Klumpung von Individuen. Analog zu den GA mit nur einer Zielsetzung existiert auch keine Möglichkeit zu sagen, wie genau die ermittelte Paretomenge der tatsächlichen entspricht. Dennoch können solche Fehler durch optische Tests ansatzweise erkannt werden, wie sie in Abbildung 57 angedeutet werden.

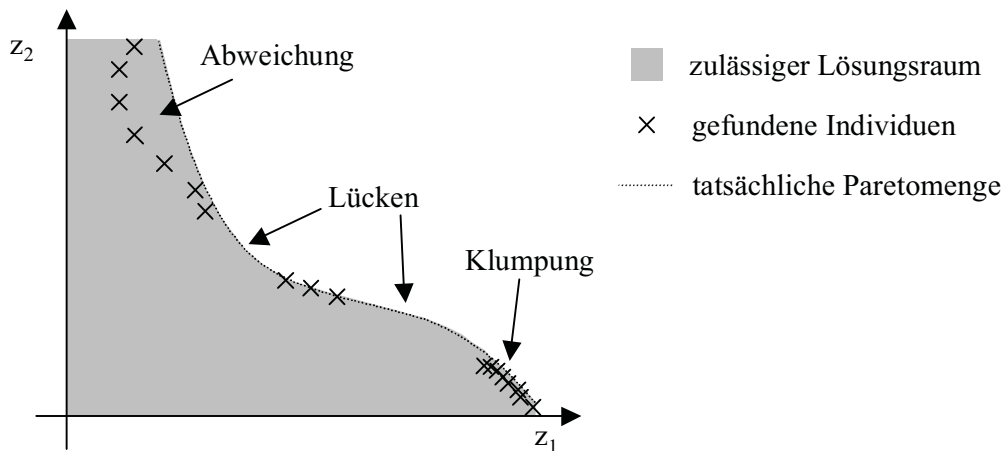


Abbildung 57: Abweichungen, Lücken und Klumpungen in der Paretomenge

3.2.3.1 Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)

Diese Herangehensweise ist erstmalig von Goldberg⁵⁷¹ unter dem Namen Pareto Based Ranking vorgeschlagen worden. Implementiert und getestet wurde sie von Srinivas und Deb⁵⁷²

⁵⁷⁰ Diese drei Paretomengen lassen sich jeweils für Individuen, Problemvariablen und Zielfunktionswerte ermitteln. Da dazwischen aber ein eindeutiger funktionaler Zusammenhang besteht, sind durch die Individuen, die Problemvariablen und Zielfunktionswerte bereits bestimmt; vgl. Abbildung 39.

⁵⁷¹ Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 199-201.

⁵⁷² Srinivas, N., Deb., K., Multiobjective Optimization, 1994, S. 221-248.

unter dem Namen Nondominated Sorting Genetic Algorithm, unter dem sie auch in der Literatur diskutiert wird.

Alle nichtdominierten Individuen einer Population werden ermittelt und mit dem Rang eins versehen. Diese Individuen werden für die Rangzuweisung im weiteren Verfahrensablauf nicht mehr betrachtet. Danach werden wiederum die nichtdominierten Individuen ermittelt und mit dem Rang zwei versehen. Sie werden nur von Individuen mit dem Rang eins dominiert. Dieser Prozess wird wiederholt bis alle Individuen einen Rang zugewiesen bekommen haben.

Die erwarteten Nachkommen der Eltern werden analog der rangbasierten Selektion zwischen einem Maximalwert für den Rang eins und einem Minimalwert für den letzten Rang verteilt. Anders als im Standardverfahren werden hier bestimmte Rangaussprägungen häufig auftreten. Beispielsweise wird jedes Individuum der Paretofront den Rang eins erhalten. Um zwischen diesen gleich guten Lösungen keine Bevorzugung zu erhalten, wird die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit über alle Individuen gleichen Ranges angesetzt.⁵⁷³

Goldberg schlug zusätzlich die Verwendung von Sharing vor, um die Verteilung der Lösungen auf die gesamte Paretofront sicherzustellen.⁵⁷⁴

Vorteilhaft an dieser Variante ist, dass es möglich ist, mit einem einzigen Lauf die Paretofront – selbst bei nichtkontinuierlichem oder konkavem Verlauf – anzunähern. Der Hauptnachteil besteht darin, dass kein schnelles Verfahren existiert, um dominierte und nichtdominierte Lösungen zu trennen.⁵⁷⁵ Dadurch steigt die Rechendauer mit zunehmender Populationsgröße und Anzahl der Ziele stark an.

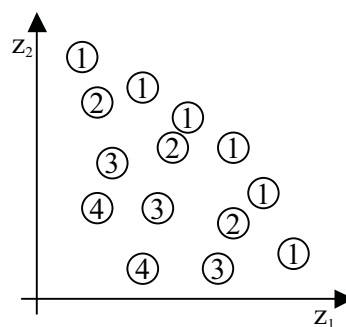


Abbildung 58: Rangzuweisung beim Nondominated Sorting Genetic Algorithm

3.2.3.2 Multiple Objective Genetic Algorithm (MOGA)

Fonseca und Fleming haben vorgeschlagen, den Rang eines Individuums durch die Anzahl

⁵⁷³ Existieren beispielsweise drei Individuen gleichen Ranges, die 1,21; 1,2 und 1,19 erwartete Nachkommen haben, wird dieser Wert für alle auf 1,2 gesetzt.

⁵⁷⁴ Goldberg, D. E., Richardson, J., Algorithm, 1987, S. 41-49.

⁵⁷⁵ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 294.

der Lösungen, die es dominieren, plus eins anzugeben. Dadurch erhalten Individuen, die nicht dominiert werden, wiederum den Rang eins. Anders als beim NSGA spiegelt der Rang jetzt die konkrete Anzahl der Individuen wider, die das Individuum dominieren. Dadurch werden Bereiche, in denen bereits viele Lösungen existieren, benachteiligt, denn dort wird eine Abweichung von der Paretofront zu einem schlechteren Rang als eine gleich große Abweichung in einer dünner besetzten Region führen, weil sich mehr Individuen zwischen der betrachteten Lösung und der Paretofront befinden. Dadurch übernimmt dieser Rangzuweisungsmechanismus bereits die Aufgabe, die Lösungen gleichmäßig über den Suchraum zu verteilen. Dieser Mechanismus wird in Abbildung 59 veranschaulicht.

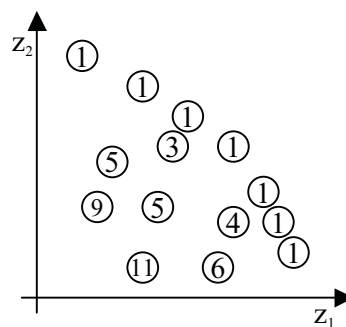


Abbildung 59: Rangzuweisung beim Multiple Objective GA

Danach kann die Selektion rangbasiert vorgenommen werden, wobei wiederum beachtet werden muss, dass einzelne Rangaussprägungen mehrfach vorkommen.

Goldberg⁵⁷⁶ berichtet, dass dieses Verfahren sehr hohen Selektionsdruck erzeugen kann. Deswegen wird im Standardverfahren auf die Zielwerte bezogenes Sharing verwendet.⁵⁷⁷ Trotz der Nachteile des auf Zielwerte bezogenen Sharings hat sich diese Vorgehensweise in einer Reihe von praktischen Anwendungen als zuverlässig und relativ einfach zu implementieren erwiesen.⁵⁷⁸

3.2.3.3 Niched Pareto Genetic Algorithm (NPGA)⁵⁷⁹

Bei diesem Verfahren wird die Idee der Turnierselektion aufgegriffen. Dabei werden zwei Individuen mit gleicher Wahrscheinlichkeit und mit Zurücklegen gezogen, verglichen und das bessere wird in den Mating Pool transferiert. Da zwei Individuen bei mehr als einer Zielfunktion nicht mehr direkt verglichen werden können, werden dafür einige Vergleichsindividuen (beispielsweise zehn) gezogen. Sollte genau einer der zwei Kandidaten nicht von den Vergleichsindividuen dominiert werden, so wird es zur Fortpflanzung ausgewählt. Andernfalls

⁵⁷⁶ Goldberg, D. E., Richardson, J., *Algorithm*, 1987, S. 41-49.

⁵⁷⁷ Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 3.1.6.

⁵⁷⁸ Obayashi, S., *Algorithm*, 1997, S. 245-266.

⁵⁷⁹ Horn, J., Nafpliotis, N., Goldberg, D. E., *Genetic Algorithm*, 1994, S. 82-87.

wird ermittelt, wie viele Individuen aus dem bisherigen Mating Pool sich unterhalb einer bestimmten Entfernung zu den jeweiligen Kandidaten befinden. Der Kandidat, in dessen Umgebung sich bis jetzt weniger Individuen befinden, wird ausgewählt. So wird, wenn die Kandidaten nicht unterschieden werden können, eine bessere Verteilung über den Lösungsraum erreicht.

3.2.3.4 Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA)

Zitzler und Thiele⁵⁸⁰ schlagen einen Verfahrensablauf vor, der zwei Populationen benutzt. Neben der eigentlichen wird eine zusätzliche Elitepopulation gespeichert, in der die Individuen kopiert werden, die im bisherigen Verfahrensablauf als paretooptimal erkannt wurden. Diese Individuen nehmen weiterhin an der Selektion teil und können auch als Eltern fungieren. Sie verhindern nicht nur, dass effiziente Lösungen vergessen werden können, sondern sie halten die aktuelle Population durch ihre Nachfahren in der Nähe der Paretomenge. Dadurch wird das ursprünglich passive Prinzip der Dokumentation der Besten um ein aktives Steuerungsmoment erweitert.

Für jedes Individuum der Elitemenge wird eine Zielgröße ermittelt, die als Strength⁵⁸¹ bezeichnet wird, wobei kleinere Werte eine bessere Stärke anzeigen.

Die Stärke eines Eliteindividuums entspricht ungefähr dem Anteil der aktuellen Individuen, die durch das Eliteindividuum dominiert werden.⁵⁸²

$$S(x_e) = \frac{|\{x \in X \mid x_e \succ x\}|}{|X|+1}$$

mit:

x_e	Individuum aus der Elitepopulation X_e
x	Individuum aus der aktuellen Population X
$S(x_e)$	Strength des Individuums x_e

Durch die Addition von eins ist diese Stärke für die Eliteindividuen immer kleiner als eins.

Die Stärke der aktuellen Individuen entspricht der Summe über die Stärken derjenigen Eliteindividuen, die sie dominieren, plus eins.

$$S(x) = 1 + \sum_{x_e \mid x_e \succ x} S(x_e)$$

Die Stärke für dominierte Individuen ist also immer größer als eins.

Die Wirkungsweise dieses Verfahrens wird in Abbildung 60 veranschaulicht. Dunkle Kreise symbolisieren dort die externen Individuen, helle Kreise die der aktuellen Population. Das Ziel der Strengthverteilung ist es, dass tendenziell Individuen, die von wenigen anderen dominiert werden, bevorzugt werden und dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung über die

⁵⁸⁰ Zitzler, E., Thiele, L., Evolutionary Algorithm, 1998 und Zitzler, E., Evolutionary Algorithms, 1999, S. 32-38.

⁵⁸¹ Strength bezeichnet im Englischen Stärke.

⁵⁸² Die Abweichung entsteht durch die Addition der Eins im Nenner des Bruchs.

Paretofront erreicht wird.

Die Bevorzugung der selten dominierten Individuen kann links in Abbildung 60 nachvollzogen werden. Die Individuen in helleren Gebieten erhalten eine geringere Strength (zur Erinnerung: Die Strength ist zu minimieren.). Im Vergleich zur rechten Bildhälfte wird auch die Verteilungswirkung deutlich. In einem Kasten rechts unten sind zusätzlich drei weitere Individuen dazugekommen. Dadurch steigt die Strength des äußeren Individuums (von 3/6 auf 6/9). Entsprechend steigt die Strength der Individuen in dem Kasten von 9/6 auf 15/9. Im Vergleich dazu haben Individuen in leereren Gebieten ihre Strength gesenkt (z.B. links oben von 9/6 auf 12/9).

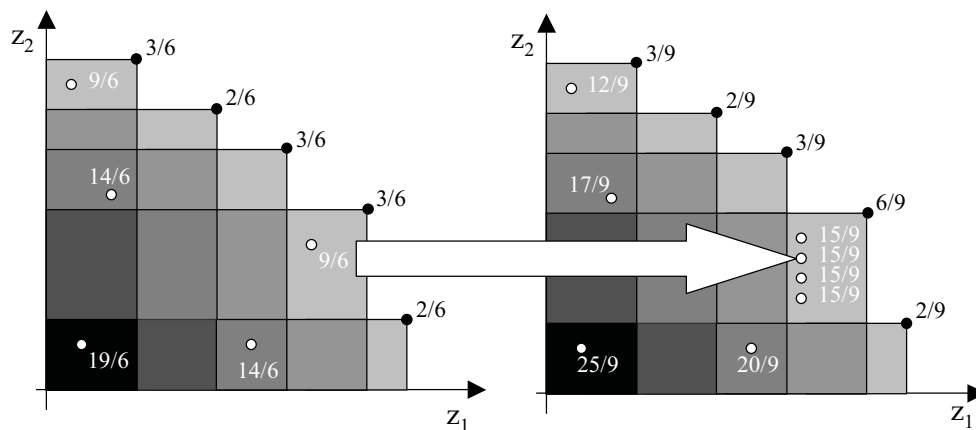


Abbildung 60: Bestimmung der Strength beim SPEA⁵⁸³

Diese Stärke kann nun – wie im Standardfall mit nur einer Zielfunktion – zur Selektion herangezogen werden. Zitzler und Thiele schlagen Turnierselektion mit zwei Vergleichsindividuen vor.⁵⁸⁴

Da die Menge der paretooptimalen Individuen sehr groß werden kann, wird in dieses Verfahren noch ein Schritt eingefügt, in dem die Anzahl der externen Individuen auf eine Obergrenze reduziert wird. Sollte nach einer Generation die Anzahl der Eliteindividuen diese Obergrenze überschreiten, werden Gruppen (sog. Cluster) gebildet, in denen möglichst ähnliche Individuen zusammengefasst werden. Zur Gruppenbildung wird das Verfahren Cluster Analysis nach Rosenman und Gero vorgeschlagen.⁵⁸⁵ Dabei gilt zuerst jedes einzelne Individuum als Gruppe. Danach werden solange Gruppen zusammengelegt, bis die Anzahl der Gruppen unter die Obergrenze fällt. Dafür wird für jedes Paar aus zwei Gruppen der durchschnittliche Abstand über alle Mitglieder bestimmt. Zusammengelegt werden die Gruppen minimaler

⁵⁸³ Zitzler, E., Thiele, L., Evolutionary Algorithm, 1998, S. 36.

⁵⁸⁴ Da über diese Strength die Ziele auf eine Größe verdichtet wird, könnte dieses Verfahren auch im Kapitel 3.2.2 Aggregation der Zielfunktionen auftauchen. Da hier aber die Überprüfung der Dominanz im Vordergrund steht, wurde dieses Verfahren hier eingefügt.

⁵⁸⁵ Roseman, M. A., Gero, J. S., Set, 1985, S. 189-206.

durchschnittlicher Entfernung.

Sobald die Anzahl der Cluster durch wiederholtes Zusammenlegen auf die Obergrenze gesunken ist, wird für jedes Cluster das Individuum als repräsentativ ausgewählt, das den minimalen durchschnittlichen Abstand zu den übrigen Gruppenmitgliedern hat. Anschließend werden alle Individuen, die kein Cluster repräsentieren aus der Elitemenge entfernt.

3.2.4 Weitere Lösungskonzepte

3.2.4.1 Vektor Evaluated Genetic Algorithm (VEGA)

Schaffer⁵⁸⁶ schlug die erste Vorgehensweise zur Mehrzieloptimierung mit EA vor, die er Vektor Evaluated Genetic Algorithm nannte. Dabei wird vom Standard-GA ausschließlich die Selektion variiert. Die Gesamtpopulation wird in gleich große Bruchteile aufgespalten, die jeweils mit einer Zielfunktion korrespondieren. Für jede Teilpopulation wird ein Standardselektionsverfahren mit der entsprechenden Zielfunktion durchgeführt. Vor der Reproduktion werden die Teilpopulationen wieder durchmischt. Abbildung 61 veranschaulicht diese Vorgehensweise.

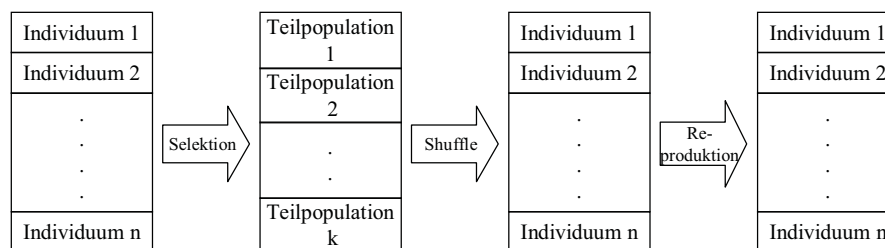


Abbildung 61: Vektor Evaluated Genetic Algorithm

Eine Erweiterung kann sein, dass die Ziele analog zu ihrer Wichtigkeit einen größeren oder kleineren Anteil an der Gesamtpopulation einnehmen können.

Dieses Vorgehen ist relativ intuitiv und verursacht nur geringen Mehraufwand gegenüber einem Einzelverfahren.

Nachteilig ist, dass Individuen, die in allen Zielen relativ gute, aber bei keiner Funktion überragende Werte erreichen, schlechte Chancen haben, Nachkommen zu zeugen. Sie werden von den einzelnen Zielfunktionen gegenüber den Spezialisten benachteiligt, die in der jeweiligen Zielfunktion überragen. Der Effekt, die ausgeglichen guten Individuen zu vernachlässigen, die für die Erzielung eines Kompromisses ausgesprochen wichtig sind, wird Speciation genannt, weil sich für jede Zielfunktion eine Subspezies bildet. Dazu kommt, dass auch mit dieser Methode konkave Abschnitte der Paretomenge nicht gefunden werden können. Richard-

⁵⁸⁶ Schaffer, J. D., Optimization, 1985, S. 93-100.

son et al. kritisieren außerdem, dass VEGA äquivalente Ergebnisse wie die Selektion mit der gleichgewichtigen Summe aus allen Zielfunktion liefere und damit eigentlich lediglich einen Sonderfall einer anderen Methoden darstelle.⁵⁸⁷

Der Tatsache, dass diese Vorgehensweise die erste vorgeschlagene ist, die eine Möglichkeit zur Beherrschung der Mehrzielproblematik bietet, verdankt sie trotz der erheblichen Einschränkungen ihre weite Verbreitung.⁵⁸⁸

3.2.4.2 Lexikografische Ordnung

Bei dieser Vorgehensweise müssen die Ziele in eine Rangfolge gemäß ihrer Wichtigkeit gebracht werden. Als erstes wird die Optimierung nach dem wichtigsten Ziel durchgeführt. Der Zielfunktionswert der Lösung dieses Durchgangs, wird danach als Mindestreichungsschranke in Form einer Nebenbedingung eingeführt. Danach wird die Optimierung für das zweite Kriterium durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird bis zum letzten Ziel wiederholt.

Erster Durchgang:

$$z_1(x) \Rightarrow \max!$$

u.d.N.:

$$x \in X$$

Zweiter Durchgang:

$$z_2(x) \Rightarrow \max!$$

u.d.N.:

$$z_1(x) \geq z_1(x_{1, \text{opt}})^{589}$$

$$x \in X$$

Letzter Durchgang:

$$z_k(x) \Rightarrow \max!$$

u.d.N.:

$$z_i(x) \geq z_i(x_{i, \text{opt}}) \quad \forall i \neq k$$

$$x \in X$$

Hier ist angenommen, dass die Indizes gemäß der Wichtigkeit der entsprechenden Zielfunktion geordnet sind.

Vorteilhaft ist die Art, in der Präferenzen abgefragt werden, da es Entscheidungsträgern leichter fällt eine Reihenfolge an Zielen als konkrete Gewichte zu benennen.⁵⁹⁰ Die generierte Lösung ist offensichtlich paretooptimal. Deswegen kann durch die systematische Variation der Reihenfolge der Ziele die Paretomenge angenähert werden. Dabei werden auch konkave Abschnitte entdeckt.⁵⁹¹

⁵⁸⁷ Richardson, J. T., Palmer, M. R., Liepins, G., Hilliard, M., Guidelines, 1989, S. 191-197.

⁵⁸⁸ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 281-282.

⁵⁸⁹ Da $x_{1, \text{opt}}$ heuristisch ermittelt wird, sind Verbesserungen immer noch möglich.

⁵⁹⁰ Zimmermann, H. J., Gutsche, L., Analyse, 1991, S. 142.

⁵⁹¹ Das ist möglich, weil aufgrund des paarweisen Vergleiches keine Verzerrungen durch Gewichtungen

Nachteilig ist, dass für die letzten Durchgänge der Freiheitsgrad bereits so gering ist, dass kaum noch Verbesserungen für die entsprechenden Ziele erreicht werden können, was zu einer sehr starken Bevorzugung der ersten Ziele führt.⁵⁹²

3.2.4.3 Spieltheoretischer Ansatz

Bei dieser Vorgehensweise wird aus einem Optimierungsproblem ein Spiel abgeleitet, bei dem jeder Spieler eine Zielfunktion und einen Teil der Problemvariablen zugewiesen bekommt. Jeder Spieler wird seine Variablen so einstellen, dass sein Ziel einen optimalen Wert annimmt. Die Abbildung 62 verdeutlicht diesen Sachverhalt für den Fall zweier Ziele und zweier Problemvariablen. Die konzentrischen Ellipsen stellen die Zielfunktionsgebirge für die Zielfunktionen z_1 und z_2 mit O_1 und O_2 als deren Optima dar. Die mit o_1 und o_2 bezeichneten Linien stellen Reaktionsfunktionen dar, die die optimale Antwort des jeweiligen Spielers auf den anderen anzeigen. Der Schnittpunkt (N) von o_1 und o_2 stellt dann ein Nash-Gleichgewicht dar, weil für keinen Spieler ein Anreiz besteht, seine Strategie zu wechseln, solange der andere Spieler auch bei seiner Strategie bleibt. In dieser Zeichnung handelt es sich allerdings nicht um ein Nullsummenspiel. Es ist nämlich möglich, die Zielwerte für beide Spieler gleichzeitig zu verbessern, indem von N aus ein beliebiger Punkt in Richtung X_P angesteuert wird. Die Verbindungslinie X_P zwischen O_1 und O_2 in Abbildung 62 stellt die Paretomenge dar.

Diese Betrachtung findet Einzug in einen EA, indem die Gesamtpopulation in zwei gleich große Subpopulationen eingeteilt wird, die jeweils einen Spieler repräsentieren. In jeder Subpopulation wird lediglich eine Hälfte der Variablen den genetischen Operatoren unterworfen und auch nur nach einer Zielfunktion selektiert. Nach jeder Generation werden die besten Individuen der Subpopulationen in die andere übertragen. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis das Nash-Gleichgewicht gefunden wird.

Vorteilhaft an dieser Vorgehensweise ist der ziemlich geringe Aufwand. Sie kann auf k Ziele verallgemeinert werden, selbst wenn nicht k Problemvariablen existieren.⁵⁹³

Nachteilig ist, dass Ergebnisse möglicherweise nicht paretooptimal sind, wie auch Abbildung 62 veranschaulicht.

der Einzelziele entstehen können; vgl. Fonseca, C. M., Fleming, P. J., Overview, 1995, S. 1-16.

⁵⁹² Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 283-284.

⁵⁹³ Da Problemvariablen mit Bitstrings dargestellt werden, können auch k Abschnitte des Bitstrings gebildet werden, von denen jeweils einer durch einen Spieler variiert wird, auch wenn die Abschnitte nicht deckungsgleich mit Problemvariablen sind.

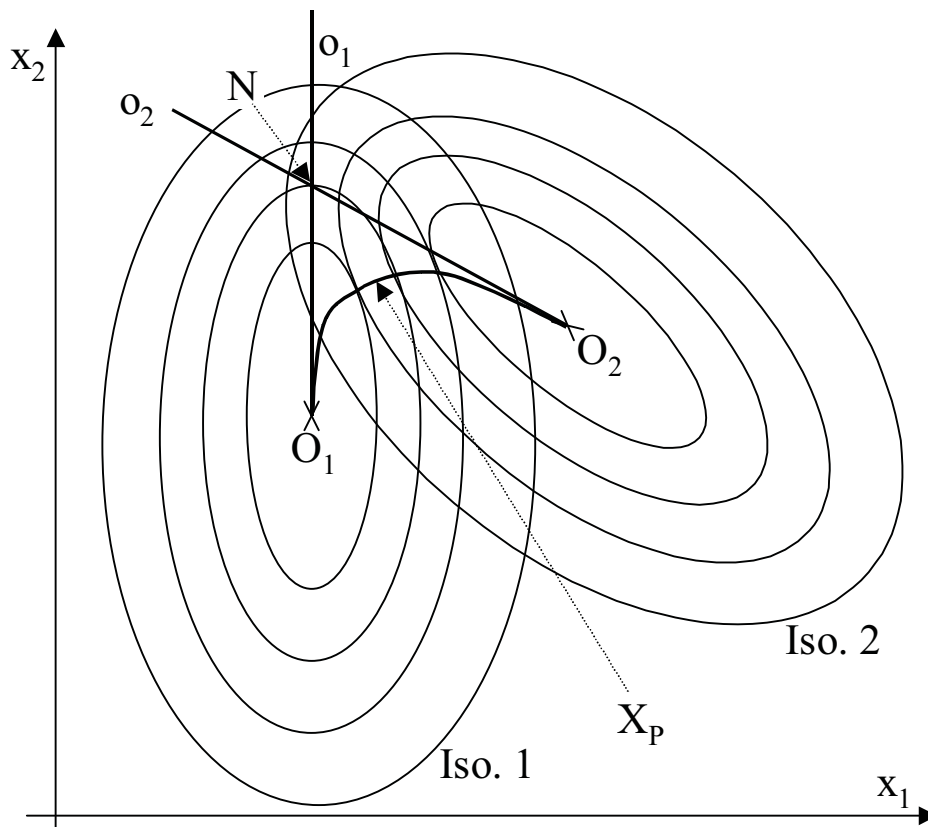


Abbildung 62: Spieltheoretische Lösung des Mehrzielproblems

3.2.4.4 Geschlechter zur Zielunterscheidung

Hier wird jedem Individuum ein Geschlecht zugewiesen, das bestimmt, nach welcher Zielfunktion das Individuum seine Fitness zugewiesen bekommt, d. h. jedes Individuum berücksichtigt ausschließlich eine Zielfunktion. Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist, dass die Zielfunktionen ähnliche Ausprägungen annehmen, andernfalls müssen die Fitnesswerte auf einheitliche Intervalle skaliert werden.⁵⁹⁴ Danach werden die Individuen mit einem gewöhnlichen Selektionsverfahren ausgewählt, wobei zusätzlich darauf geachtet wird, dass keine gleichgeschlechtlichen Paare entstehen. Das Geschlecht eines Nachfahren wird von dem Elternteil übernommen, das mehr Gene zu dem Kind beigetragen hat. Dieses Verfahren ist sehr ähnlich zu VEGA, da es die Population ebenfalls in k Subpopulationen teilt. Die Unterschiede bestehen darin, dass keine gleichgeschlechtlichen Paare auftreten und die Anteile der Geschlechter nicht fest vorgeschrieben sind, wie sie das bei VEGA sind. Das hat zur Folge, dass die Population relativ groß gewählt werden muss, damit auch bei vielen Geschlechtern noch von jedem einzelnen genug vorhanden sind. Dadurch wird diese Methode sehr aufwendig. Lis und Eiben setzen Panmictic Crossover ein, wodurch bei jedem Durchgang nur ein Kind erzeugt wird.⁵⁹⁵ In der Folge dieser Änderung können mehr als zwei Eltern an der Zeu-

⁵⁹⁴ Vergleiche die Ausführungen zur Transformation der Fitness auf S. 116.

⁵⁹⁵ Vergleiche die Ausführungen zu Crossover bei ES im Kapitel 3.1.3.

gung eines Kindes beteiligt sein. Dadurch kann die Einschränkung der Fortpflanzung von Elternpaaren unterschiedlicher Geschlechter nicht aufrecht erhalten bleiben.⁵⁹⁶

3.2.4.5 Minimax

Die folgende Methode ist der Entscheidungstheorie entlehnt.

Dabei werden in einem ersten Schritt die Zielfunktionen so normiert, dass alle im Intervall $]0;1]$ liegen. Das geschieht durch die Transformation

$$z_i'(x) = \frac{|z_i(x) - z_i(x_{i, \text{opt}})|}{|z_i(x_{i, \text{opt}})|},$$

wenn es sich um ein Maximierungsproblem und durch

$$z_i'(x) = \frac{|z_i(x) - z_i(x_{i, \text{opt}})|}{|z_i(x)|},$$

wenn es sich um ein Minimierungsproblem handelt.⁵⁹⁷

Mit: $z_i(x), z_i(x_{i, \text{opt}}) \neq 0$

Danach bezeichnen kleinere $z_i(x)$ bessere Lösungen, weil sie näher am Optimum liegen.

Im zweiten Schritt wird analog dem Minimaxprinzip die Fitness der Individuen bestimmt. Dabei erhält das Individuum den höchsten Wert, dessen schlechtester Zielfunktionswert noch am besten ist.

$$\text{Fitness} = \min_{i \in I} \{z_i(x)\}$$

u.d.N.:

$$x \in X$$

Der Rang kann nach diesem Prinzip sofort zugewiesen werden. Bei gleicher Ausprägung zwischen zwei Individuen wird der zweitschlechteste Zielfunktionswert herangezogen. Dieser Prozess wird wiederholt, bis entweder ein Individuum besser ist, oder alle Zielfunktionen berücksichtigt wurden. Im zweiten Fall sind zwei Individuen gleich gut.

Bei fitnessproportionaler Selektion muss eine Transformation in eine Maximierungsvorschrift vorgenommen werden, bevor die Fitness zur Selektion herangezogen werden kann.

Lin, Coello und Christiansen wenden dieses Verfahren in einigen Varianten an.⁵⁹⁸

Die Stärke dieses Verfahrens ist neben der Einfachheit, dass automatisch nicht dominierte Lösungen generiert werden.

Nachteilig ist, dass eine schlechte Ausprägung einer einzigen Zielfunktion die Fitness eines Individuums vollständig bestimmt, so dass gute Werte in anderen Zielen unbemerkt bleiben. Coello berichtet, dass solche Selektionsformen sehr hohen Selektionsdruck ausüben können,

⁵⁹⁶ Lis, J., Eiben, A. E., Algorithm, 1996, S. 59-64.

⁵⁹⁷ Auch Problemstellungen mit nicht einheitlichen Zielfunktionen sind denkbar, dann werden die jeweiligen Transformationsvorschriften auf die einzelnen Zielfunktionen entsprechend angewandt. Es bleibt auch immer die Möglichkeit, durch Multiplikation mit (-1) eine Maximierungsvorschrift in eine Minimierungsaufgabe umzuwandeln.

⁵⁹⁸ Coello Coello, C. A., Christiansen, A. D., Aguirre, H. A, Optimization, 1998, S. 401-414.

wodurch die genetische Vielfalt einer Population leiden kann. Deswegen wurde der Einsatz von Sharing vorgeschlagen.⁵⁹⁹

3.2.4.6 Multi Objective Messy Genetic Algorithm (MOMGA)

Wie der Name bereits verrät, baut der MOMGA auf dem Messy GA⁶⁰⁰ von Goldberg und Deb auf, bei dem die Information für eine bestimmte Position auf dem Bitstring auch mehrmals oder gar nicht vorhanden sein kann.⁶⁰¹ Das hat zur Folge, dass besondere genetische Operatoren benötigt werden, weil erstens die Bitstrings variierende Längen haben können und zweitens Regeln vorliegen müssen, wie fehlende Informationen ersetzt oder bei überzähligen eine Ausprägung ausgewählt wird.

Die ursprüngliche Intention für diesen Algorithmus ist, den Wahrheitsgehalt des so genannten „Schematheorems“ und der „Bausteinhypothese“ zu überprüfen.⁶⁰²

Es existieren Versuche, den Erfolg der Rekombination durch das Schema-theorem⁶⁰³ und die nah damit zusammenhängende Building Block Hypothese⁶⁰⁴ zu erklären. Holland bezeichnet Schablonen für Bitstrings⁶⁰⁵ als Schemata. Diese Schemata beschreiben Mengen von Bitstrings, die an bestimmten Punkten übereinstimmen. Sie werden durch Ketten von „0“, „1“ und „*“ dargestellt, wobei „*“ für eine unbestimmte Position steht. Das Schema „01***“ besitzt die Instanzen „0100“, „0101“, „0110“ und „0111“. Der Bitstring „0100“ ist außerdem Instanz des Schemas „0****“ und einiger weiterer Schemata. Das Schema „01***“ ist spezifischer als „0****“, weil bei der Generierung einer Instanz weniger Freiheitsgrade bestehen.

Eine Generation umfasst 2^L Schemata pro Individuum, wobei L die Länge der Bitstrings bezeichnet. Die Tatsache, dass die Anzahl der gleichzeitig betrachteten Schemata die der Individuen um ein Vielfaches überschreitet, wird impliziter Parallelismus genannt. Holland zeigt in seinem Schematheorem, dass der Anteil der Schemata mit höherer durchschnittlicher Fitness ihrer Instanzen exponentiell wächst, wohingegen solche mit niedrigerer erwarteter Fitness seltener werden.

Goldberg formuliert in diesem Zusammenhang die so genannte Building Block Hypothese, die besagt, dass gute Lösungen sukzessive aus guten Teillösungen zusammengesetzt werden können.⁶⁰⁶ Diese Sichtweise wird in der Literatur allerdings als zu einfach angesehen, weil sie unter anderem impliziert, dass sich die Probleme beliebig in Teilprobleme dekomponieren

⁵⁹⁹ Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 20.

⁶⁰⁰ Goldberg, D. E., Korb, B., Deb, K., Algorithms, 1989, S. 493-530, Deb, K., Optimization, 1991, oder zusammenfassend Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 83-89.

⁶⁰¹ Veldhuizen van, D. A., Algorithm, 1999, S. 4-12.

⁶⁰² Veldhuizen van, D. A., Algorithm, 1999, S. 4-12.

⁶⁰³ Nissen, V., Algorithmen, 1994, S. 107-115 oder Holland, J. H., Adaptation, 1992.

⁶⁰⁴ Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 41.

⁶⁰⁵ Das Schematheorem kann auch auf Alphabete mit mehr als zwei Zeichen verallgemeinert werden. Hier soll beispielhaft die Darstellung für Bitstrings genügen.

⁶⁰⁶ Goldberg, D. E., Algorithms, 1989, S. 41.

lassen.⁶⁰⁷

Es ist denkbar, dass ein Baustein in fast allen Individuen hohe Fitness erzeugt, aber trotzdem nicht im Individuum des globalen Optimums vorkommt. Dieser Effekt wird Deception (englisch: Täuschung) genannt. Für einen Baustein, der die vollständige Länge eines Individuums hat, kann das nicht gelten. Wenn er der beste Baustein seiner Länge ist, stellt er gleichzeitig auch das globale Optimum dar. Das bedeutet, Deception tritt nur bei Bausteinen bis zu einer bestimmten Länge auf. Diese Länge wird Order of Deception genannt und ist problemabhängig. Wenn die Order of Deception der Länge der Individuen entspricht, sind EA, die ausschließlich auf die Rekombination von Bausteinen vertrauen, wie das bei MOMGA der Fall ist, nicht geeignet.

Der MOMGA durchläuft mehrere „Zeitalter“, in denen sich jeweils auf Bausteine einer bestimmten Länge konzentriert wird.⁶⁰⁸ Diese Länge muss größer als die Order of Deception sein.

Jedes Zeitalter beginnt mit der deterministischen Erstellung aller möglichen Strings einer bestimmten Länge. Diese Strings werden danach durch Rekombinationsoperatoren zu Individuen zusammengefügt. Da die Bausteine vollständig an die Kinder weitergegeben werden sollen, auch wenn sie nicht ganz für die Individuen selbst gebraucht werden, müssen überzählige Informationen auf den Chromosomen gespeichert werden. Wegen dieser überzähligen Bits werden die Operatoren des Messy GA benötigt. Anschließend werden die Individuen durch Selektion zur Weiterverwendung ausgewählt. Nach einigen Generationen werden die paretooptimalen Individuen gespeichert und ein neues Zeitalter mit einer anderen Länge der Bausteine beginnt.

Dieser Algorithmus zeigt für eine Reihe von Problemen sehr gute Ergebnisse.⁶⁰⁹

Durch die deterministische Initialisierung steigt der Aufwand exponentiell mit der Problemgröße. Dadurch ist dieser Algorithmus für große Probleminstanzen nicht geeignet. Aufgrund dieser Einschränkung seines Einsatzgebietes soll dieser Algorithmus im Folgenden nicht weiter betrachtet werden.

3.2.4.7 Variationen

Valenzuela-Rendón und Uresti-Charre⁶¹⁰ schlagen vor, von der strikten Trennung der Generationen abzuweichen. Stattdessen werden lediglich einige schlechte Individuen aus der Population durch neue ersetzt. Vorteilhaft daran ist, dass Elemente der Paretomenge seltener verloren gehen. Auf der anderen Seite ist der Fortschritt pro Generation geringer.

Dieselben Autoren schlagen vor, die Individuen anhand von zwei Kennzahlen zu bewerten. Erstens soll für jedes Individuum gezählt werden, durch wie viele Individuen es dominiert

⁶⁰⁷ Nissen, V., Einführung, 1997, S. 89.

⁶⁰⁸ Veldhuizen van, D. A., Algorithm, 1999, S. 4-16 bis 4-19.

⁶⁰⁹ Veldhuizen van, D. A., Algorithm, 1999, S. 7-1 bis 7-31.

⁶¹⁰ Valenzuela-Rendón, M., Uresti-Charre, E., Algorithm, 1997, S. 658-665.

wird. Diese Größe soll offensichtlich minimiert werden. Zweitens sollen für jedes Individuum die Lösungen gezählt werden, die sich in der Nähe zu ihm befinden. Weil eine hohe Zahl ein Indiz für geringe genetische Vielfalt ist, soll diese Kennzahl ebenfalls minimiert werden. So kann jedes Mehrzielproblem in ein Zweizielproblem überführt werden.

3.2.5 Mehrzieloptimierung mit Evolutionsstrategien

Auch für ES sind Varianten zur Lösung von multikriteriellen Problemen entwickelt worden.⁶¹¹

Die (μ, λ) -Selektion kann so angepasst werden, dass die μ Eltern nach den k unterschiedlichen Zielen ausgewählt werden. D. h. für jedes Ziel werden die jeweils besten Individuen als Eltern ausgewählt. Jede dieser Teilpopulationen umfasst μ/k Individuen. Diese Vorgehensweise ähnelt VEGA und ist genauso einfach zu implementieren.

Nachteilig an dieser Vorgehensweise ist, dass keine Berücksichtigung der Dominanzinformationen erfolgt. Dominierte Individuen können gewählt werden, solange sie in einer Zielfunktion ausreichend gute Werte erzielen. Genauso können nicht dominierte Individuen übersehen werden, die gute Kompromisslösungen darstellen, wenn sie zwar für alle Zielfunktionen gute Werte aber keine überragenden Werte erreichen. Es tritt also analog zu VEGA das Problem der Speciation auf.

Eine andere Herangehensweise baut auf der $(\mu + \lambda)$ Variante der Selektion auf. Nachdem die Kinder erzeugt wurden, werden aus der Menge der Eltern und Kinder die paretooptimalen Individuen ermittelt und zu den neuen Eltern gemacht.

Daraus folgt, dass das Verhältnis zwischen Eltern und Kindern nicht konstant ist, wodurch der Selektionsdruck im Verfahrensablauf stark schwankt. Weiterhin muss für diese Vorgehensweise gelten, dass die Menge der paretooptimalen Individuen nicht zu groß werden darf, da sonst μ kaum noch kleiner als λ wäre, wodurch der Selektionseffekt verloren ginge.

Weitere Varianten und Ideen zur Mehrzieloptimierung mit EA sollen hier nicht verfolgt werden, stattdessen sei auf die relevante Literatur verwiesen.⁶¹²

Im folgenden Kapitel soll nun überprüft werden, ob EA in der Lage sind, die in Kapitel 2.3.3.2 beschriebenen Probleme so zu lösen, dass sie zur Entscheidungsunterstützung zu empfehlen sind.

⁶¹¹ Kahlert, J., Optimierung, 1991, oder zusammenfassend Nissen, V., Einführung, 1997, S. 175-176.

⁶¹² Auch die Literatur zu diesem Gebiet kann nicht vollständig dargestellt werden. Einen guten Überblick liefern Veldhuizen van, D. A., Algorithms, 2000, S.125-147, Zitzler, E., Deb, K., Thiele, L., Comparison, 2000, S. 173-195, Tamaki, H., Kita, H., Kobayashi, S., Optimization, 1996, S. 517-522 oder Coello Coello, C. A., Survey, 1999, S. 269-308.

3.3 Anwendung von Evolutionären Algorithmen auf das Spielplangestaltungsproblem

3.3.1 Darstellung der untersuchten Probleme

In Kapitel 2.3.3.2 sind beispielhaft Problemmodelle aufgestellt worden, die andeuten, wie Formalmodelle aussehen können, die im Verlauf des Entscheidungsprozesses über die Spielplangestaltung eines idealtypischen Theaters entstehen.

Hier sollen die Formalmodelle der Inszenierungswahl und der Inszenierungs- und Aufführungsplanung, wie sie in Kapitel 2.3.3.2 beschrieben wurden, wieder aufgegriffen werden. Zur Erinnerung werden sie in Abbildung 63 nochmals dargestellt.

Inszenierungsauswahl	Inszenierungs- und Aufführungsplanung
$\sum_{i=1}^I c_{ij} x_i \Rightarrow \max!$ u.d.N.: $\sum_{i=1}^I a_{im} x_i \leq b_m \quad \forall m$ $x_i \in \{0;1\} \quad \forall i$ mit: $i \in \{1, \dots, I\};$ $j \in \{1, \dots, k\}$ und $m \in \{1, \dots, M\}$	$\sum_{i=1}^I c_{ij} x_i \Rightarrow \max!$ u. d. N.: $\sum_{i t_p < t} a_i \leq t \cdot b \quad \forall t$ $\sum_{i t_p \geq t} x_i \leq (T - t)d \quad \forall t$ $\underline{b}_i \leq x_i \leq \bar{b}_i$ $x_i \geq 0$ $x_i \in \mathbb{Z}$ $t_{pi} \in [0; T]$ mit: $j \in \{1, \dots, k\}$

Abbildung 63: Formale Darstellung des Inszenierungsauswahl- und des Inszenierungs- und Aufführungsplanungsproblems⁶¹³

Das Inszenierungsauswahlproblem ist in seiner Struktur ein Mehrziel-Rucksackproblem mit mehreren Nebenbedingungen.

Um die Eignung der EA zur Lösung dieser Problemklasse zu überprüfen, ist eine Beispielinstantz mit hundert Gegenständen, zwei Nebenbedingungen und zwei Zielfunktionen herangezogen worden.⁶¹⁴

Die Anzahl der Gegenstände des Beispielproblems sollte deutlich über der Anzahl der tatsächlich in einer realistischen Vorauswahl befindlichen Inszenierungen liegen.

Zwei Ziele und Nebenbedingungen erscheinen dahingegen im Hinblick auf die Beschreibung der Problemstellung eher gering angesetzt.

Da die Komplexität dieser Problemklasse exponentiell mit der Anzahl der Gegenstände aber nur linear mit der Anzahl der Ziele und Nebenbedingungen wächst, werden die knappen Ziele

⁶¹³ Für die Erläuterung der Symbole vergleiche die Ausführungen in Kapitel 2.3.3.2.

⁶¹⁴ Zitzler, E., Test, 2001.

und Nebenbedingungen durch die hohe Zahl der Gegenstände überkompensiert.

Zwei Ziele sind deswegen besonders vorteilhaft, da es dann möglich ist, die Lösungsmengen graphisch zu veranschaulichen.

Das Inszenierungs- und Aufführungsplanungsproblem ist ein gemischt ganzzahliges lineares Programm mit mehreren Zielen.

Da kein gemischt ganzzahliges Programm mit mehreren Zielen in der benötigten Größe vorliegt, wurde zum Test eine selbsterstellte Beispielinstantz mit 20 Problemvariablen, zehn Nebenbedingungen und zwei Zielen herangezogen.

3.3.2 Auswahl der Algorithmen

Aus der Vielzahl der vorgestellten Verfahren sollen, um den Rahmen nicht zu sprengen, nicht alle auf die vorgestellten Probleme angewandt werden.

Die Klasse der Algorithmen, die die Zielfunktionen auf einen einzigen Wert verdichten, stellen keine eigenständige Lösung der Mehrzielproblematik dar. Es handelt sich im Kern um Verfahren, die durch geschickte Transformation des Problems die Verwendung von Einzelalgorithmen erlauben. Deswegen soll ausschließlich die gewichtete Summe als Vergleichsalgorithmus herangezogen werden. Dafür wird zehnmal ein Einzelalgorithmus mit jeweils einem zehntel der Generationen ausgeführt. Als Zielfunktion fungieren konvexe Linearkombinationen aus beiden Zielen, wobei die Gewichtung in Zehntelinkrementen von Ziel eins zu Ziel zwei wandert.

Die Algorithmen der Klasse, die auf Basis der Paretodominanz arbeiten, also NSGA, MOGA, NPGA und SPEA werden alle getestet.

VEGA, das Verfahren der Zielunterscheidung mit Hilfe der Geschlechter, die Mehrzielvariante der (μ, λ) -Selektion und unter Abstrichen die spieltheoretische Lösung sind sich insofern ähnlich, dass sie jeweils die Population in Teilpopulationen für jede Zielfunktion aufteilen. Deswegen wurde auf eine separate Implementierung der einzelnen Algorithmen verzichtet. Stattdessen wird ausschließlich VEGA als Vertreter dieser Klasse zum Vergleich herangezogen.

Bei den übrigen Algorithmen wurde jeweils aus Gründen, die im Text erläutert wurden, von der Implementierung abgesehen.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit gelten für alle Algorithmen dieselben Strategieparameter, wie sie in Abbildung 64 aufgeführt sind.

Tatsächlich ist die Festlegung, alle Algorithmen identisch zu konfigurieren nicht unkritisch, da die Algorithmen beispielsweise durch ihre unterschiedliche Vergabe der Fitness, unterschiedlichen Selektionsdruck erzeugen und auch unterschiedlich damit umgehen. Genauso kann SPEA durch sein Konzept der Wiedereinführung paretooptimaler Individuen besser mit höheren Mutationsraten umgehen als die anderen Algorithmen, da keine nicht dominierten Individuen langfristig verloren gehen können.

Die gewählten Ausprägungen der Strategieparameter entsprechen im Allgemeinen den jewei-

ligen Vorschlägen der Literatur. Auf eine individuelle Feineinstellung der Strategieparameter für jeden einzelnen Algorithmus wurde verzichtet, wodurch die Methoden einen (gewollten) Vorteil erhalten, die in Bezug auf ihre Performance relativ unkritisch auf Parametervariationen reagieren.

Allgemein	
Strategieparameter	Ausprägung
Populationsgröße	100
Anzahl der Generationen	2000
Crossoverwahrscheinlichkeit	0,6
Selektion	Turnierselektion (Wettkampfgröße: 5) außer bei den Verfahren, wo ein anderes Verfahren angegeben wurde
Rucksackproblem	
Lösungsrepräsentation	Permutation der Länge 100
Crossover	Uniform Order Based ($P_{CC} = 0,5$)
Mutation	Zweiertausch ($P_M = 0,005$)
LP-Problem	
Lösungsrepräsentation	Bitstring der Länge 140
Crossover	Uniform ($P_{CC} = 0,5$)
Mutation	Bitflip ($P_M = 0,005$)

Abbildung 64: Strategieparameter der Evolutionären Algorithmen

3.3.3 Ergebnisse und Bewertung der Testläufe

Drei Kriterien gelten für die Beurteilung von gefundenen Paretomengen als wichtig. Das sind der Abstand von der tatsächlichen Paretomenge, die gleichmäßige Verteilung der gefundenen Lösungen und die vollständige Abdeckung der tatsächlichen Paretomenge.⁶¹⁵

Van Veldhuizen schlägt vor, den durchschnittlichen Abstand der Elemente der gefundenen zur tatsächlichen Paretomenge heranzuziehen, wobei der euklidische Abstand der Zielfunktionsvektoren betrachtet wird.⁶¹⁶

$$D(X_p^g) = \frac{1}{|X_p^g|} \cdot \sum_{x_p^g \in X_p^g} \min_{x_p^\infty \in X_p^\infty} \left\{ \|x_p^g; x_p^\infty\| \right\}$$

mit:

X_p^g Menge der gefundenen Paretolösungen

X_p^∞ Menge der tatsächlichen Paretolösungen

Für das Abstandsmaß muss die tatsächliche Paretomenge bekannt sein und die Ziele müssen

⁶¹⁵ Zitzler, E., Evolutionary Algorithms, 1999, S. 42.

⁶¹⁶ Veldhuizen van, D. A., Algorithm, 1999, S. 6-15.

in ungefähr denselben Wertebereichen schwanken, weil sonst eine Verzerrung entstände, durch die Algorithmen bevorzugt würden, die in stärker schwankenden Zielen besser sind. Die Optimierungsläufe wurden 25-fach wiederholt, um nicht durch die zufälligen Einflüsse zu falschen Schlussfolgerungen geführt zu werden.

Abbildung 65 zeigt die Durchschnitte über die 25 Läufe der durchschnittlichen und maximalen Abstände der gefundenen von den tatsächlichen Paretoindividuen. Zusätzlich werden die Standardabweichungen der durchschnittlichen Abweichungen angegeben.

Algorithmus	durchschnittlicher Abstand	maximaler durchschnittlicher Abstand	Standardabweichung des durchschnittlichen Abstandes
WSGA	857,68	1006,78	53,54
NSGA	38,72	141,43	30,76
NPGA	22,80	64,09	14,26
MOGA	491,15	594,65	51,63
SPEA	18,68	67,82	15,04
VEGA	31,01	80,80	21,19

Abbildung 65: Abstandsergebnisse der Testläufe für das Rucksackproblem

Die Testläufe zeigen in Bezug auf das Kriterium durchschnittlicher Abstand eine Zweiteilung der Algorithmen:

SPEA, NPGA, VEGA und NSGA kommen der Paretomenge am nächsten.

WSGA und MOGA erreichen die guten Ergebnisse von der anderen Algorithmen nicht, wobei MOGA noch deutlich besser als WSGA abschneidet.

SPEA scheint die besten Ergebnisse zu liefern. Allerdings erstreckt sich das Konfidenzintervall für den durchschnittlichen Abstand bei SPEA bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$ und einer Stichprobengröße $n = 25$ von 11,36 bis 26,00. Damit kann der Vorteil gegenüber NPGA nicht sicher festgestellt werden. Auf eine Reihenfolgenbildung soll bei so ähnlichen Ergebnissen verzichtet werden.

MOGA und WSGA werden aufgrund dieser Ergebnisse nicht für die Weiterverwendung empfohlen.

In der Spalte maximaler durchschnittlicher Abstand ist das Ergebnis des jeweils schlechtesten Laufes angegeben, woraus ein Rückschluss auf die Verlässlichkeit der Algorithmen gezogen werden kann.

Hier erreicht NPGA vor SPEA die besten Ergebnisse. Die Reihenfolge der übrigen Algorithmen bleibt erhalten.

Einen ersten Eindruck über die Güte der Verteilung der Paretomenge kann die Anzahl der gefundenen Elemente liefern, wie sie in Abbildung 66 aufgeführt sind.

Algorithmus	durchschnittliche Anzahl	minimale Anzahl	Standardabweichung der Anzahl
WSGA	11,36	4	6,70
NSGA	77,32	13	31,74
NPGA	64,32	11	31,16
MOGA	11,40	3	3,67
SPEA	73,40	25	35,87
VEGA	65,78	12	33,43

Abbildung 66: Ergebnisse über die Kardinalität der Paretomenge für das Rucksackproblem

Eine höhere Anzahl an Paretoindividuen gibt dem Entscheidungsträger eine höhere Auswahl an Handlungsalternativen und ein genaueres Bild darüber, wie die tatsächliche Paretofront verläuft. Die Anzahl der gefundenen Individuen kann allerdings nicht ohne den durchschnittlichen Abstand bewertet werden, weil eine hohe Anzahl an nicht dominierten Individuen in der direkten Nähe zur tatsächlichen Paretomenge natürlich schwerer zu ermitteln ist.

Die Zweiteilung der Algorithmen setzt sich hier fort, wobei die ersten vier Algorithmen wieder nah beieinander liegen.

Über die Anzahl der gefundenen Elemente hinaus sind für die Verteilung und die Abdeckung der tatsächlichen Paretomenge eine Reihe von Maßgrößen vorgeschlagen worden, über deren Anwendbarkeit in der Literatur aber keine einheitliche Meinung herrscht.⁶¹⁷

Deswegen sollen stattdessen als letztes Kriterium für Verteilung und Abdeckung optische Tests durchgeführt werden, wie sie in Abbildung 21 bereits angedeutet wurden.

Abbildung 67 zeigt dafür die Ergebnisse des ersten Laufes der einzelnen Algorithmen für das Rucksackproblem.

⁶¹⁷ Vorschläge finden sich in: Laumanns, M., Rudolph, G., Schwefel, H.-P., Set 1999, Fonseca, C. M., Fleming, P. J., Performance, 1996, S. 584-593, Zitzler, E., Thiele, L., Optimization, 1998, S. 292-301 und Rudolf, G., Algorithm, 1998, S. 511-516.

Eine Sammlung von Kritikpunkten an den unterschiedlichen Konzepten findet sich bei Zitzler, E., Evolutionary Algorithms, 1999, S. 42-46.

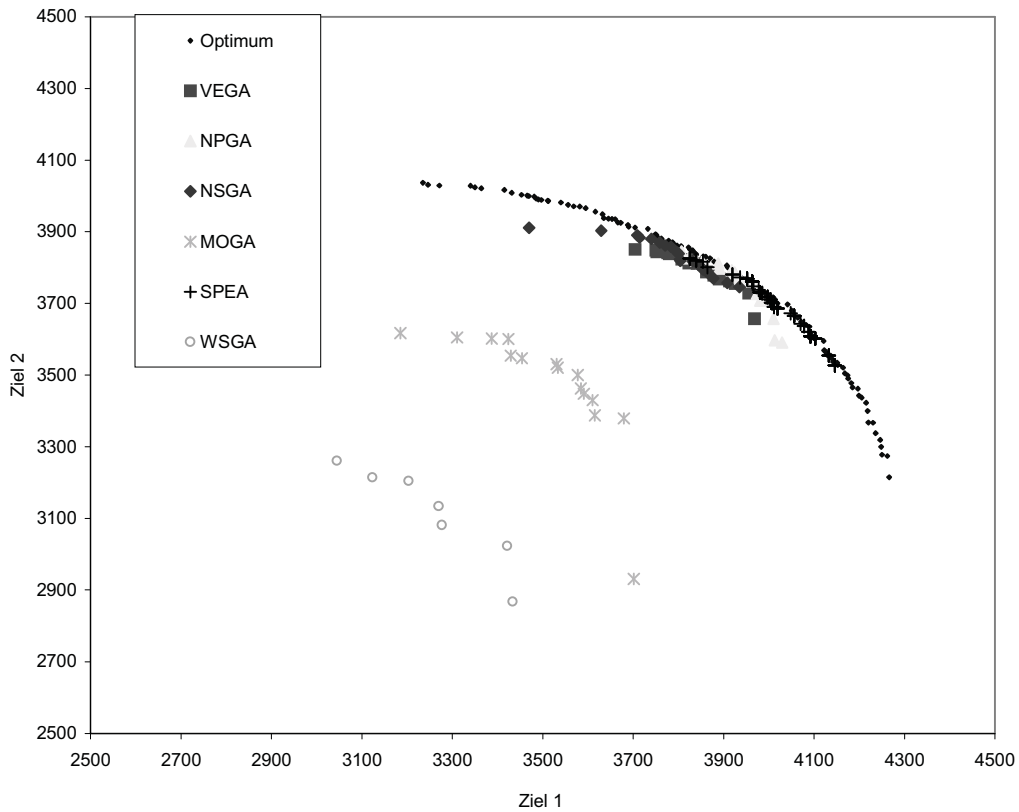


Abbildung 67: Grafische Veranschaulichung der Ergebnisse für das Rucksackproblem

Die dunkelblaue Punktwolke zeigt die tatsächliche Paretomenge, wie sie von Zitzler angegeben wird.⁶¹⁸

Die besten Ergebnisse erreichen NSGA, NPGA, SPEA und VEGA. Auch hier ist zu erkennen, dass WSGA und MOGA deutlich abfallen. Die anderen Algorithmen lassen sich in dieser Auflösung nicht abschließend bewerten. Deswegen ist Abbildung 68 in eine Ausschnittsvergrößerung dargestellt, in der exemplarisch die Ergebnisse von VEGA und SPEA verglichen werden.

Zitzler, E., Test, 2001. Wie sich im Verlauf der Untersuchung noch zeigen wird, ist die Paretomenge auch lediglich eine Annäherung. Die Probleme, die sich daraus ergeben, werden im Zuge der optischen Tests noch erläutert.

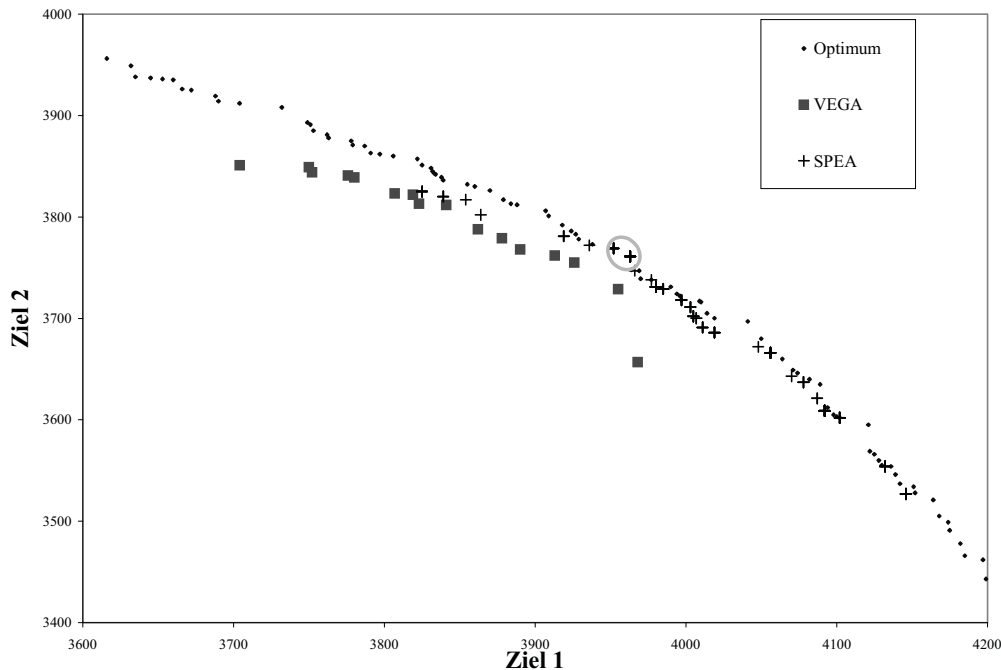


Abbildung 68: Ergebnisausschnitt für ausgewählte Algorithmen

In dieser Auflösung zeigt sich jetzt deutlich, dass SPEA der tatsächlichen Paretomenge näher kommt und eine höhere Anzahl an Paretoindividuen als VEGA produzieren kann.

Weiterhin zeigt sich, dass der Bereich der tatsächlichen Paretomenge, der von SPEA angenähert wird, größer ist, als der von VEGA. Lücken in der Paretomenge weisen beide Algorithmen auf. Klumpungen dahingegen sind nicht zu erkennen. Die Verteilung der gefundenen Individuen ist bei VEGA allerdings gleichmäßiger als bei SPEA.

Als letzte Beobachtung zeigt sich in Abbildung 68, dass SPEA zwei Individuen gefunden hat, die von keinem Element der tatsächlichen Paretomenge dominiert werden. Dadurch zeigt sich, dass die als die tatsächliche angenommene Paretomenge auch lediglich eine Annäherung darstellt. Dadurch kann es zu ungerechtfertigten Ergebnissen kommen. Beispielsweise ermittelt das Abstandsmaß für die beiden neuen Paretoindividuen einen Abstand von der Paretofront, der größer als null ist, weil die beiden Individuen in der tatsächlichen Paretofront fehlen. Dennoch wird dieser Fehler als gering genug angesehen, um die Ergebnisse aus der Abstandsmessung nicht zu entwerten.

Da für das LP-Problem keine tatsächliche Paretomenge verfügbar ist, entfällt eine rechnerische Abstandsbestimmung. Stattdessen soll wiederum ein optischer Test Aufschluss über die Lösungsgüte liefern.

Ein ähnliches Bild wie die Ergebnisse für das Rucksackproblem zeigen die Ergebnisse eines Laufes für das LP-Problem wie sie in Abbildung 69 dargestellt sind.

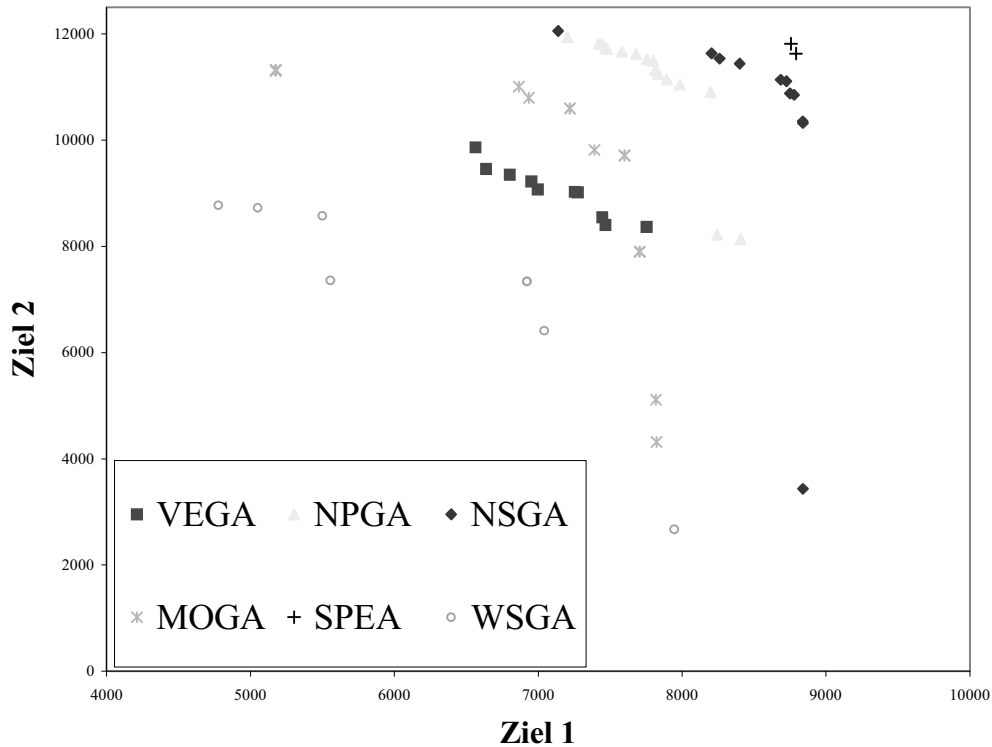


Abbildung 69: Grafische Veranschaulichung der Ergebnisse für das LP-Problem

Wieder zeigt sich, dass WSGA und MOGA keine guten Ergebnisse liefern.

VEGA liefert im Vergleich zum Rucksackproblem diesmal deutlich schlechtere Werte. Sie fallen noch hinter MOGA zurück. Deswegen soll auch VEGA nicht zur weiteren Verwendung empfohlen werden.

NSGA und NPGA erzielen wieder relativ gute Ergebnisse, sowohl in Hinblick auf die Lösungsgüte als auch auf die Verteilung der gefundenen Lösungen.

SPEA liefert sehr gute Ergebnisse, wobei die Anzahl von gefundenen Lösungen gering ist.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- MOGA, VEGA und WSGA liefern an unterschiedlichen Stellen keine zufriedenstellenden Ergebnisse.
- Die übrigen getesteten Algorithmen NPGA, SPEA und NSGA sind in der Lage, die aus der Spielplangestaltung entstehenden Probleme gut und sicher zu lösen.
- Diese drei Algorithmen liegen in allen betrachteten Kriterien so nahe beieinander, dass zwischen ihnen keine Rangfolge hergestellt werden kann.

Im folgenden Kapitel soll gezeigt werden, wie diese Verfahren in einem Entscheidungsunterstützungssystem eingesetzt werden können, um beim Problem der Spielplangestaltung öffentlicher Theater Anwendung zu finden.

4 Ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Spielplan-gestaltung

4.1 Grundlagen

4.1.1 Grundbegriffe und Klassifikation

Über den Begriff der Entscheidungsunterstützung und der Entscheidungsunterstützungs-systeme (EUS) herrscht in der Literatur aufgrund der Vielfalt der ähnlichen Begriffe und Ab-kürzungen einige Verwirrung. Gemäß Schneeweiß sind „Decision-Support- oder – wie man im Deutschen auch sagt – Entscheidungsunterstützungs-Systeme [...] Softwaresysteme, die den Planungsprozeß unterstützen.“⁶¹⁹ Diese recht allgemeine Definition verfeinert Sprague indem er EUS von operativen Systemen (OIS) und Management Informationssystemen (MIS) abgrenzt. Die Merkmale sind in Abbildung 70 gegenübergestellt.

OIS	MIS	EUS
<ul style="list-style-type: none"> • a focus on data, storage process-ing, and flows at the operational level • efficient transac-tion processing • scheduled and op-timized computer runs • integrated files for related jobs • summary reports for management 	<ul style="list-style-type: none"> • an information fo-cus, aimed at the middle managers • structured infor-mation flow • an integration of operational jobs by business func-tion, such as pro-duction MIS, mar-keting MIS, per-sonnel MIS, etc. • inquiry and report generation, usually with a database 	<ul style="list-style-type: none"> • decision focused, aimed at top man-agers and execu-tive decision mak-ers • emphasis on flexi-bility, adaptability, and quick re-sponse • user-initiated and controlled • support for the personal decision making styles of individual manag-ers

Abbildung 70: Merkmale von OIS, MIS und EUS⁶²⁰

Werner sieht den Unterschied zwischen EUS und MIS und OIS darin, dass OIS und MIS die Lösung von Aufgaben übernehmen, wohingegen EUS bei der Lösung von Problemen unter-stützen. Beides ist jeweils eine Transformation eines unerwünschten Ausgangszustandes in

⁶¹⁹ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 167.

⁶²⁰ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 5-6.

einen erwünschten Endzustand, wobei bei Problemen der Lösungsweg und der Zielzustand zu Beginn des Lösungsprozesses noch nicht bekannt sind.⁶²¹

Als weitere Charakteristika der EUS seien die Orientierung an Modellen, die Konzentration auf einzelne, spezifische Probleme und die dazugehörigen Nutzer und auf wiederkehrende Probleme, die höheren Entwicklungsaufwand rechtfertigen, genannt.⁶²²

Neben den erwähnten

- Operational Information Systems (OIS) und
 - Management Information Systems (MIS)
- grenzt Schneeweiß die Spezialfälle der⁶²³
- Mathematical Planning Systems (MPS),
 - Multi Criteria Decision Support Systems (MCDSS),
 - Group Decision Support Systems (GDSS) und
 - Expert Systems (XPS)

von den EUS ab.

Dabei sind MPS Systeme, deren Schwerpunkt auf der algorithmischen Unterstützung bei der Ausführung mathematischer Methoden liegt. Sie dienen hauptsächlich der Ermittlung optimaler Entscheidungen oder der Suche von Alternativen bei unübersichtlichen und umfangreichen Alternativenräumen. Anders als bei EUS muss vor Beginn ihres Einsatzes bereits ein vollständiges Formalmodell vorliegen.⁶²⁴

MCDSS unterstützen Entscheidungsträger insbesondere bei den Problemen, die durch das Auftreten mehrerer Zielfunktionen entstehen. Es existieren Methoden zum Modellieren, zur Ermittlung und zur Visualisierung der Präferenzen des Entscheidungsträgers.⁶²⁵ Interaktive Optimierungsmethoden zur begleitenden Ermittlung der Präferenzen bieten sich für MCDSS besonders an.⁶²⁶

GDSS unterstützen den Entscheidungsprozess, wenn Gruppen von Personen daran beteiligt sind. In erster Linie gewährleisten sie die Kommunikation zwischen den Gruppenmitgliedern. Bei verteiltem Arbeiten müssen dazu Kommunikationsmittel wie E-Mail oder Teleconferencing bereitgestellt werden und Termine von Besprechungen verwaltet werden können. Zusätzlich müssen alle Gruppenmitglieder auf einer gemeinsamen konsistenten Datenbasis arbeiten. Dazu müssen Versionsverwaltungen und Änderungsverfolgungen vorgesehen sein, die die Rückkehr zu älteren, gesicherten Systemzuständen erlauben.⁶²⁷

Bei der Anpassung an die Bedürfnisse der Benutzer ist zu beachten, dass die betroffenen Per-

⁶²¹ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 53.

⁶²² Rockart, J. F., De Long, D. W., Systems, 1988, S. 17. Zur Notwendigkeit der Problem- und Benutzerorientierung; vgl. Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 28.

⁶²³ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 170-172.

⁶²⁴ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 171.

⁶²⁵ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 193-196.

⁶²⁶ Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 3.2.1.

⁶²⁷ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 198-225.

sonen unterschiedliche Rollen im Entscheidungsprozess wahrnehmen können und entsprechend andere Rechte und Informationsbedürfnisse haben. Schneeweiß unterscheidet diesbezüglich die Planungsgruppe, die für die Durchführung der Planung verantwortlich ist, die Entscheidungsträger, die den Planungsprozess anstoßen und die Präferenzinformationen liefern und die Betroffenen, die sich aus den von den Maßnahmen betroffenen Mitgliedern des Unternehmens und den Kunden⁶²⁸ zusammensetzen.⁶²⁹

GDSS können Hilfestellung bei der Kompromissfindung zwischen mehreren Entscheidungsträgern leisten. Das kann geschehen, indem sie Aushandlungsprozesse unterstützen oder den Entscheidungsprozess moderierend steuern.⁶³⁰ Zusätzlich können Methoden, die explizit auf das Vorhandensein von Gruppen angewiesen sind, unterstützt werden.⁶³¹ Zu denken ist beispielsweise an die Delphi-Methode, Brainstorming oder die Methode 635.⁶³²

XPS können in bestimmten, eng eingegrenzten Situationen, Standardaufgaben von menschlichen Experten übernehmen.⁶³³ Dafür wird das Wissen eines Experten in einer formalen Form in einer Wissensbasis abgebildet. Diese Abbildung erfolgt häufig in Form von Regelmengen. Die Wissensbasis wird mit den Ergebnissen von Testaufgaben gefüllt, die in Interviews ermittelt und über die Wissensakquisitionskomponente gespeichert werden.

Die Inferenzkomponente löst das gestellte Problem mit Hilfe der Wissensbasis. Die Erklärungskomponente schließlich erläutert, wie die Entscheidung entstanden ist.⁶³⁴

Reale Systeme sind nicht notwendigerweise auf eine einzige der oben aufgeführten Kategorien beschränkt. So wird das hier vorgestellte EUS durch seine Verknüpfung mit evolutionären Algorithmen Elemente eines MPS und durch die Betrachtung des komplexen Zielsystems öffentlicher Theater Elemente von MCDSS enthalten.

Innerhalb der EUS unterscheidet Sprague drei Ebenen.⁶³⁵ EUS-Tools und EUS-Generatoren werden benötigt, um spezifische EUS zu erstellen oder zu konfigurieren. EUS-Tools sind dabei allgemeine Werkzeuge zur Softwareerstellung wie Compiler, Debugger oder Datenbankmanagementprogramme. EUS-Generatoren sind Programme, die zur Erstellung spezifischer EUS dienen. Häufig stehen dafür generische Methoden- und Modellbausteine zur Verfügung, die an Probleme angepasst und in spezifische EUS integriert werden können.

Spezifische EUS schließlich, sind EUS, die auf die Unterstützung eines Entscheidungsträgers bei der Lösung eines bestimmten Problems zugeschnitten sind.

In dieser Terminologie soll innerhalb dieser Arbeit ausschließlich ein spezifisches EUS zur Spielplangestaltung konzipiert werden. Die beschriebenen Ebenen und welche Personengrup-

⁶²⁸ Kunden werden natürlich nur in besonderen Ausnahmen in ein Entscheidungsteam aufgenommen.

⁶²⁹ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 9.

⁶³⁰ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 138.

⁶³¹ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 137.

⁶³² Vergleich die Ausführungen in Kapitel 2.4.4.

⁶³³ Schneeweiß, C., Planung, 1992, S. 177-193.

⁶³⁴ Hoppe, U., Methoden, 1992, S. 10-31.

⁶³⁵ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 10-12.

pen mit ihnen in Kontakt treten veranschaulicht Abbildung 71.

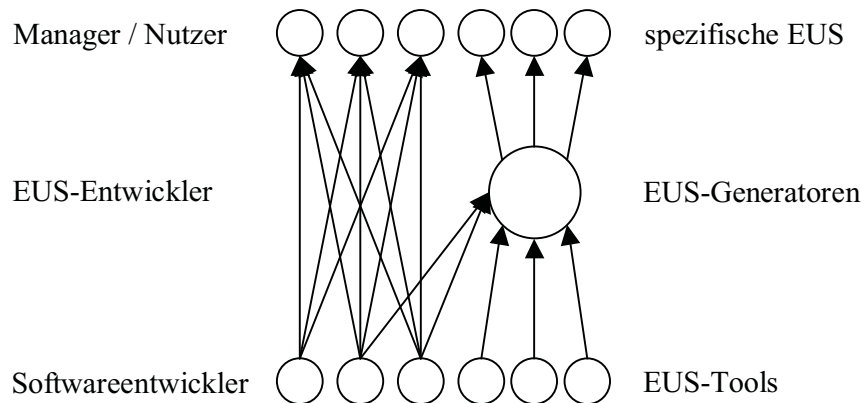


Abbildung 71: Ebenen von EUS⁶³⁶

Die Unkenntnis über die angestrebte Rolle von Entscheidungsunterstützungssystemen im Entscheidungsprozess und insbesondere überzogene Vorstellungen über die Möglichkeit, Entscheidungen zu automatisieren, kann bei den zukünftigen Benutzern zu Vorbehalten gegenüber deren Einführung führen. Deswegen soll ihre Rolle gemäß Keen und Morton hier kurz dargestellt werden:

“Decision Support Systems (DSS) represent a point of view on the role of the computer in the management decision making process. Decision support implies the use of computers to:

1. Assist managers in their decision processes in semistructured tasks.
2. Support, rather than replace, managerial judgment.
3. Improve the effectiveness of decisionmaking rather than its efficiency.”⁶³⁷

Entscheidungsunterstützungssysteme sollen also in nur unvollständig strukturierbaren Problemen eingesetzt werden. Das sind Probleme, die sich nicht vollständig in mathematischen Modellen erfassen lassen oder für die kein Lösungsverfahren existiert.⁶³⁸ Andernfalls könnten solche Probleme bereits mit einschlägigen Verfahren des Operations Research ohne den zusätzliche Aufwand eines Entscheidungsunterstützungssystems gelöst werden.

Um Vorbehalte gegenüber dem Einsatz der EUS zu beseitigen, ist es besonders wichtig, den zweiten Punkt zu betonen.

Der dritte Punkt verdeutlicht die Unterscheidung zu transaktionsfokussierten Informationssystemen, die die Kosten der Informationsverarbeitungsprozesse senken, wohingegen EUS die Qualität der Entscheidungen verbessern helfen sollen.

4.1.2 Aufbau und Teilsysteme

Der Aufbau von EUS orientiert sich üblicherweise am Dialog-Daten-Modell Paradigma

⁶³⁶ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 10.

⁶³⁷ Keen, P. G. W., Morton, M. S. S., Decision Support Systems, 1978, S. 1.

⁶³⁸ Simon, H. A., Newell, A., Problem, 1958, S. 5.

(DDM Paradigma), wonach diese Systeme sich aus einer Dialog-, einer Daten- und einer Modell- und Methodenkomponente zusammensetzen.⁶³⁹ Den prinzipiellen Aufbau beschreibt Abbildung 72.

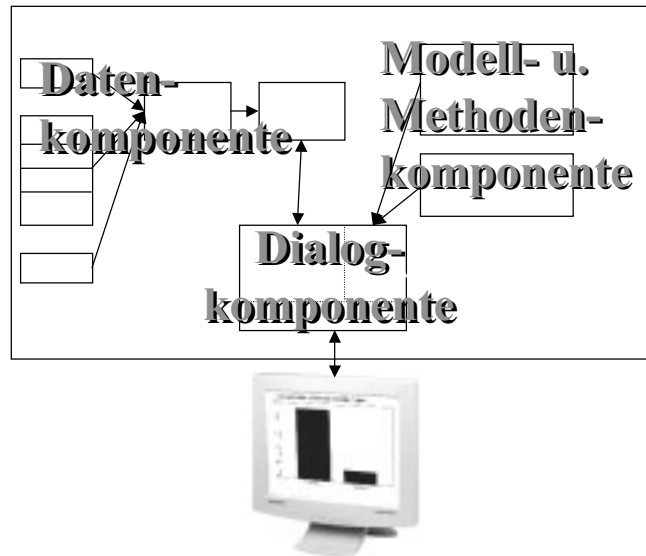


Abbildung 72: Aufbau von Entscheidungsunterstützungssystemen nach dem Daten-Dialog-Modell Paradigma⁶⁴⁰

Die Datenbankkomponente stellt die für die Problemlösung benötigten Daten zur Verfügung. Externe Daten müssen aus fremden Informationsquellen gewonnen werden. Gegebenenfalls müssen die Daten transformiert werden, bevor sie in die eigentliche Datenbank aufgenommen werden. Interne Daten können von dem Rechnungswesen oder dem internen Berichtswesen erstellt werden.

Die Datenbankkomponente umfasst auch Metadaten, die die Bedeutung aller Daten sowie die Vereinbarungen über Messverfahren erläutern. Diese Metadaten sind in einem Datenverzeichnis gesammelt, das den schnellen und übersichtlichen Zugriff auf alle Daten ermöglicht. Das Metadatenverzeichnis ist Bestandteil des Datenbankmanagementsystems (DBMS), das die Verwaltung der Daten nach innen und die Kommunikation nach außen regelt. Dazu gehört zuerst die Versorgung der Modell- und Methodenkomponente mit relevanten Daten und die Interaktion mit dem Benutzer über die Dialogkomponente, aber auch die Steuerung der Kommunikation mit den externen Datenquellen.⁶⁴¹ Den prinzipiellen Aufbau einer Datenkomponente zeigt Abbildung 73.

⁶³⁹ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 49.

⁶⁴⁰ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 17.

⁶⁴¹ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 17-18.

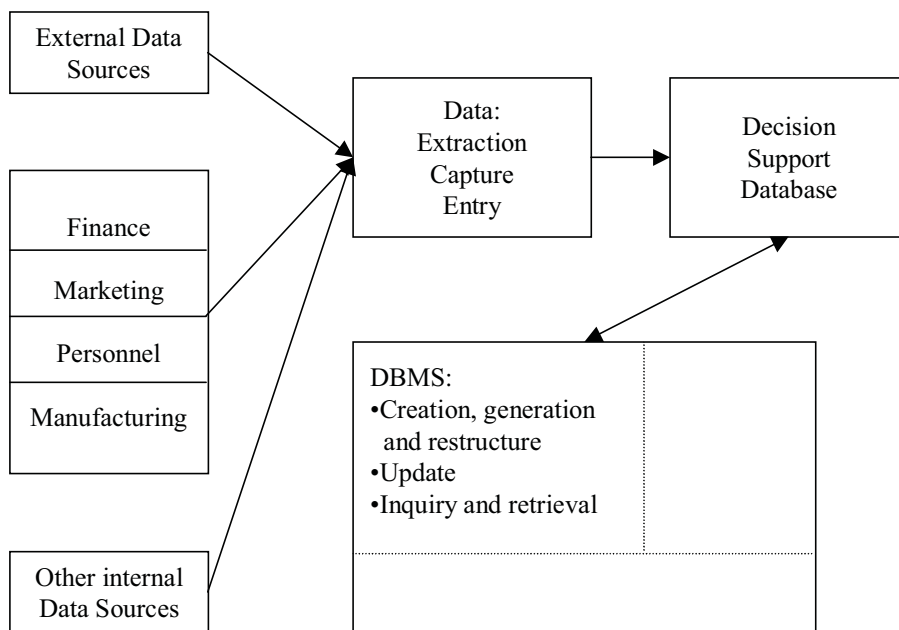


Abbildung 73: Prinzipieller Aufbau der Datenkomponente⁶⁴²

Die Methoden- und Modellkomponente beinhaltet Methoden und Modelle, die sich auf jede Ebene oder Phase der Planung beziehen können. Analog zur Datenkomponente existieren wiederum Metadaten, die beim Verständnis der Modelle und der Ergebnisinterpretation helfen.

Das Methodenbankmanagementsystem (MBMS) erlaubt neben dem Zugriff auf vorgefertigte Modelle auch, neue zu erstellen.⁶⁴³ Den prinzipiellen Aufbau der Modell- und Methodenkomponente zeigt Abbildung 74.

⁶⁴² Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 18.

⁶⁴³ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 19-20.

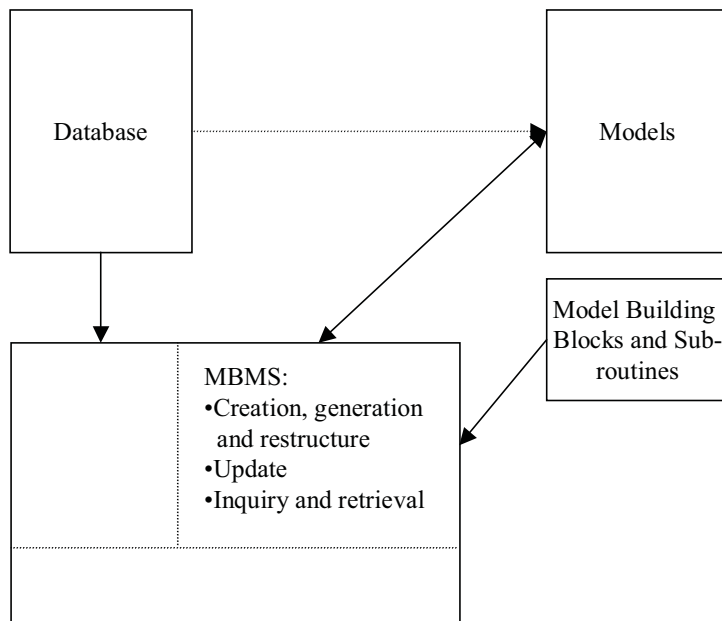


Abbildung 74: Prinzipieller Aufbau der Modell- und Methodenkomponente⁶⁴⁴

Die Dialogkomponente ermöglicht die Kommunikation zwischen dem Entscheidungsträger und dem EUS. Auf der einen Seite eröffnet sie dem Nutzer die Handlungs- und Eingabemöglichkeiten, auf der anderen Seite stellt sie Präsentations- und Ausgabemöglichkeiten zur Verfügung.⁶⁴⁵

Das DBMS und das MBMS verwalten Objekte der Daten- bzw. der Modell- und Methodenkomponente. Sie bilden aber auch den Einstiegspunkt für den Benutzer, so dass sie der Dialogkomponente zugerechnet werden könnten. Um auch den Zusammenhang der Komponenten darstellen zu können, werden DBMS und MBMS sowohl in die Darstellung der Daten- bzw. der Modell- und Methodenkomponente als auch in die der Dialogkomponente aufgenommen.

Den prinzipiellen Aufbau der Dialogkomponente zeigt

Abbildung 75.

⁶⁴⁴ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 19.

⁶⁴⁵ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20-21.

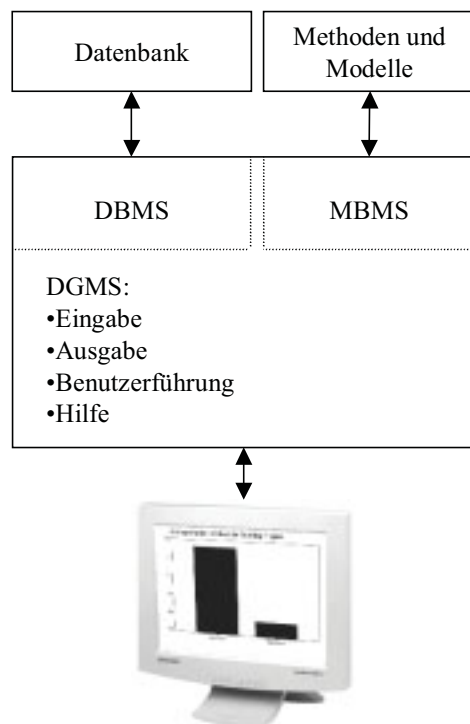


Abbildung 75: Prinzipieller Aufbau der Dialogkomponente

4.2 Erfordernisse für den erfolgreichen Einsatz

4.2.1 Übergreifende Anforderungen

Ein EUS soll den Entscheidungsprozess in allen Phasen – also bei der Zielbildung, der Problemfeststellung, der Alternativensuche sowie der Bewertung und Entscheidung – und auf allen Ebenen der Planung unterstützen.⁶⁴⁶

Das System Theater ist durch die Unüberschaubarkeit der beteiligten Elemente, durch deren vielfältige Vernetztheit, durch seine Intransparenz, durch die Unsicherheit der Ergebnisse von

⁶⁴⁶ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 53 und Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 53.

Entscheidungen sowie durch seine Eigendynamik und nicht zuletzt durch das Zielsystem sehr komplex.⁶⁴⁷

Da die Fähigkeit, Komplexität zu verarbeiten, beschränkt ist, kann der Mensch ohne zusätzliche Hilfe in komplexen Entscheidungssituationen nur unvollkommene Entscheidungen treffen.⁶⁴⁸

Die Aufgabe von EUS ist es, diese Komplexität für den Entscheidungsträger verarbeitbar zu machen.⁶⁴⁹ Die Komplexitätsreduktion, die dafür benötigt wird, kann durch kontrollierte Abstraktion und durch Aufspaltung in Teilprobleme, die keine wesentlichen Gesichtspunkte des Gesamtproblems vernachlässigen, erreicht werden. Einzelne Teilprobleme können durch Modelle abgebildet und anschließend durch Methoden gelöst werden.

Ein hinreichend komplexes Problem ist also niemals ausschließlich durch den Ablauf eines Optimierungsalgorithmus' abzuarbeiten, sondern wird in einem interaktiven Prozess zwischen Entscheidungsträger und EUS gelöst. Diesen Prozess und die Ansatzpunkte, in denen ein EUS die Problemlösung unterstützen kann, zeigt Abbildung 76.

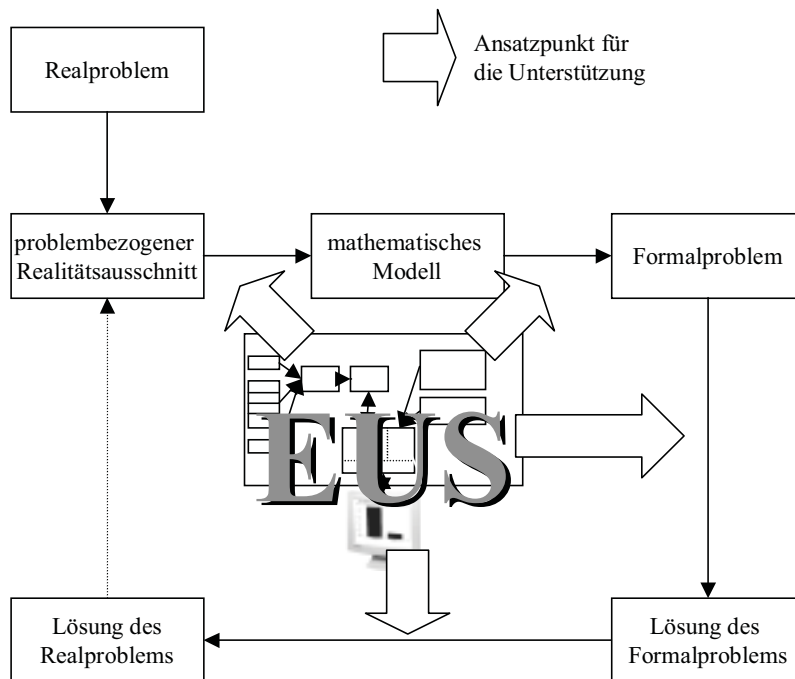


Abbildung 76: Ansatzpunkte für die Computerunterstützung bei methodengestützter Planung⁶⁵⁰

Die daraus an die Daten-, Modell- und Methoden- und die Dialogkomponente erwachsenden Anforderungen sollen in den folgenden Kapiteln im Einzelnen eingehender untersucht wer-

⁶⁴⁷ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 58.

⁶⁴⁸ Payne, J. W., Bettman, J. R., Johnson, E. J., Luce, M. F., Information, 1995, S. 137-176, Shafir, E., Compatibility, 1995, S. 247-274, Schwarz, N., Emotion, 2000, S. 433-440, Laville, F., Foundations, 2000, S. 117-138, Miller G. A., Number, 1975, S. 3-18. und Miller G. A., Number, 1956, S. 81-97.

⁶⁴⁹ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 58.

⁶⁵⁰ Darstellung in Anlehnung an: Biethahn, J., Hönerloh, A., Kuhl, J., Nissen, V., Methoden, 2000, S. 17.

den.

4.2.2 Anforderungen an die Datenkomponente

Die Datenkomponente ermöglicht die Verwaltung der Daten. Dazu gehören der wahlfreie Zugriff, Abfragen und Berichte, direkte Datenänderungen und die Organisation der Datenbestände.⁶⁵¹ Dafür sind eine Reihe von Anforderungen durch die Datenkomponente zu erfüllen:

- Die wichtigste Anforderung an eine Datenkomponente ist die nach der Qualität der Daten. Besonders wichtig sind dabei die Korrektheit und die Aktualität der Angaben.⁶⁵²
- Die Sicherheit der Daten gegenüber System- oder Benutzerfehlern und unbefugtem Zugriff muss gewährleistet sein.⁶⁵³
- Die Konsistenz der Daten muss auch in allen verbundenen Systemen gewährleistet sein.⁶⁵⁴
- Um die Konsistenz zu erhalten, ist es sinnvoll, die Daten ohne Redundanzen zu speichern.⁶⁵⁵
- Beim Datenimport und der -eingabe sollten Plausibilitätsprüfungen erfolgen, um Fehleingaben so früh wie möglich zu erkennen und zu verhindern.⁶⁵⁶
- Insofern es sich um personenbezogene Daten handelt, muss auch den üblichen Forderungen des Datenschutzes Folge geleistet werden.⁶⁵⁷
- Um bei unübersichtlichen Datenmengen die Analyse zu unterstützen, sollte die Möglichkeit gegeben sein, die Daten nach mehreren Dimensionen aufzulösen.⁶⁵⁸ Neben der Aggregation und Disaggregation sollten auch Filterungen oder Verknüpfungen von Daten angeboten werden.⁶⁵⁹
- Teile der Datengenerierung können bei ausreichender Integration mit den operativen Systemen automatisiert werden.
- Neben vergangenheitsbezogenen Größen finden auch Prognoseergebnisse und subjektive Bewertungen Eingang in die Datenbank. Letztere werden den „privaten Daten“ zugerechnet.

Neben Bewertungen gehören dazu ebenfalls nicht verabschiedete Planvarianten. Für den Planungsprozess ist es notwendig, Szenarien oder Alternativen vergleichen zu können, die sich in Varianten festhalten lassen müssen.⁶⁶⁰

⁶⁵¹ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 56-57.

⁶⁵² Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 57.

⁶⁵³ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997 S. 180 oder Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 90.

⁶⁵⁴ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 55.

⁶⁵⁵ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 176.

⁶⁵⁶ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 53.

⁶⁵⁷ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 93.

⁶⁵⁸ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 94.

⁶⁵⁹ Hänle, M., Systeme, 1993, S. 39.

⁶⁶⁰ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 47-49.

Der Name „private Daten“ deutet an, dass es sich dabei häufig um sensible Daten handelt, für die besondere Schutzvorkehrungen gegenüber Fremdeinsicht zu treffen sind.

- Die Datenkomponente sollte von den Realtimedaten der operativen Systeme abgekoppelt sein. Ausschließlich auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass die Daten in der Datenkomponente immer einen konsistenten Stand zu einem bestimmten Stichzeitpunkt darstellen. Außerdem können so experimentelle Datenänderungen vorgenommen oder unterschiedliche Szenarien durchgespielt werden, ohne mit den laufenden betrieblichen Prozessen zu kollidieren.⁶⁶¹
- Das Datenbankmanagementsystem (DBMS) regelt die Verwaltung der Daten nach innen und die Kommunikation nach außen. Dazu gehört zuerst die Versorgung der Modell- und Methodenkomponente mit relevanten Daten und die Interaktion mit dem Benutzer über die Dialogkomponente, aber auch die Steuerung der Kommunikation mit den externen Datenquellen.⁶⁶²
- Das DBMS umfasst auch Daten für den Umgang mit den Daten: so genannte Metadaten. Diese Metadaten sind in einem Datenverzeichnis gesammelt, das den schnellen und übersichtlichen Zugriff auf alle Daten ermöglicht. Dafür sollte sich die logische Struktur der Daten in der Darstellung der Metadaten widerspiegeln. Die Metadaten werden in einem semantischen Datenmodell aufgenommen, das die logischen Zusammenhänge der Daten transparent machen soll. Dadurch werden Veränderungen und Anpassungen an der Datenorganisation vereinfacht. Dabei sollten die Daten in logischer und nicht in physischer Sortierung aufbereitet werden.⁶⁶³
- Als Teil der Metadaten wird ein so genanntes Data Dictionary benötigt, um dem Benutzer die in den Methoden und Modellen verwendeten Daten zu erläutern.⁶⁶⁴
- Das Data Dictionary ist das Kernstück des Hilfesystems, das Hilfestellungen für erstmalige Benutzer wie auch für erfahrene Nutzer liefern muss.⁶⁶⁵
- Anstelle der immer noch weit verbreiteten Orientierung an Relationen, sollte ein objektorientiertes Datenmodell erstellt werden, weil dadurch die Semantik der Realität in höherem Maße erhalten bleibt.⁶⁶⁶
- Einfache Datenverarbeitungen, wie Mittelwert- und Summenbildungen oder andere statistische Auswertungen werden von der Datenkomponente selbständig vorgenommen.
- Externe Daten müssen in die Datenbasis importiert werden können. Dafür können gewisse Anpassungen notwendig werden, die beispielsweise die Datenformate oder die Namen der

⁶⁶¹ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 90.

⁶⁶² Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 17-18.

⁶⁶³ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 90 und Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997 S. 239-260.

⁶⁶⁴ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 93.

⁶⁶⁵ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 91.

⁶⁶⁶ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 95.

Attribute betreffen. Sollten andere Abgrenzungen oder Messverfahren zugrunde liegen, müssen tiefer greifende Konvertierungen vorgenommen werden, die im Falle großer Datenmengen auch automatisiert vonstatten gehen sollten.⁶⁶⁷

- Die Datenbankkomponente muss eine Schnittstelle zur Methoden- und Modellkomponente haben, um die Methoden und Modelle mit den benötigten Daten zu versorgen.⁶⁶⁸
- Ergebnisse, Berichte und Pläne sollten an den Benutzer, an das betriebliche Berichtswesen und die externen Datenquellen zurückgesendet werden können.⁶⁶⁹
- Neben wohlformatierten Daten, sollten auch unformatierte Daten in die Datenkomponente aufgenommen werden können. In der Regel wird es sich dabei um Fließtexte handeln. Denkbar sind aber auch multimediale Daten.⁶⁷⁰
- Schließlich sind die allgemeinen Anforderungen an Softwareergonomie zu beachten.⁶⁷¹

4.2.3 Anforderungen an die Modell- und Methodenkomponente

„Methoden sind Vorschriften, wie planmäßig nach einem bestimmten Prinzip (oder einer Kombination von Prinzipien) zur Erreichung festgelegter Ziele vorzugehen ist.“⁶⁷²

Methoden und Verfahren unterscheiden sich streng genommen darin, dass Verfahren vollständig festgelegt sind. Ein Verfahren auf eine gegebene Aufgabe anzuwenden, ist also eine rein mechanische Tätigkeit, wohingegen bei der Anwendung einer Methode noch Wahlentscheidungen zu treffen sind.⁶⁷³ Damit eine Methode in einem Computer ablaufen kann, müssen Regeln existieren, die diese Entscheidungen treffen. In diesem Fall verschwimmt der Unterschied zwischen Verfahren und Methoden. Deswegen werden diese Begriffe hier synonym gebraucht.

Methoden sind abstrakte Vorgehensweisen, die nicht auf ein bestimmtes Problem festgelegt sind. Sie können aber erst angewandt werden, wenn sie auf ein bestimmtes Problem bezogen werden.

Da die Arbeit am realen Problem häufig zu aufwändig ist oder Maßnahmen nicht rückgängig gemacht werden können, wird in der Planungsphase stattdessen mit einem Modell der Realität gearbeitet. Als ein Modell kann die strukturgleiche oder strukturähnliche Abbildung eines Realitätsausschnitts oder eines Problems, das nach präzisen Abbildungsregeln erstellt worden

⁶⁶⁷ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 95.

⁶⁶⁸ Hänle, M., Systeme, 1993, S. 43.

⁶⁶⁹ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20.

⁶⁷⁰ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 96.

⁶⁷¹ Vergleiche beispielsweise Olsen, D. R., Interfaces, 1998 oder Mayhew, D. J., Usability, 1999. Weitere Literatur findet sich in: Liskowsky, R., Wünschmann, W., Softwareergonomie, 2000, S. 570-575. Diese Anforderung gilt für alle Komponenten gleichermaßen, wird aber nicht jedes Mal von Neuem angeführt.

⁶⁷² Stahlknecht, P., Hasenkamp, U., Wirtschaftsinformatik, 2002, S. 216.

⁶⁷³ Zur Abgrenzung dieser Begriffe vgl. Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 5-7, sowie die dort angegebene Literatur.

ist, definiert werden.⁶⁷⁴

Im Falle von mathematischen Methoden ist es notwendig, dass das Problem in einem formalen Modell abgebildet wird. Als Beispiele dafür können die Ausführungen in Kapitel 2.3.3.2 dienen. Daraus folgt, dass mathematische Methoden nicht ohne dazugehörige Modelle angewandt werden können. Deswegen sollen Modelle und Methoden nicht getrennt, sondern in einer gemeinsamen Komponente zusammengefasst werden.

Bei den Funktionen der Modell- und Methodenkomponente kann es sich je nachdem, welche Phase des Planungs- und Steuerungsprozesses unterstützt wird, um Erkenntnis, Erklärung und Demonstration, Variation und Optimierung, Verifikation, Projektierung und Planung, Steuerung und Überwachung handeln.⁶⁷⁵

Um diese Funktionen zu erreichen, müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Die Methodenkomponente soll die schnelle und einfache Anwendung, Änderung und Erzeugung weiterer Methoden und Modelle ermöglichen.⁶⁷⁶
- Bereits vorliegende Modellbausteine und Subroutinen sollten leicht in umfassendere Modelle und Methoden integriert werden können.⁶⁷⁷
- Das Methoden- und Modellbankmanagementsystem (MBMS) sollte den Zugriff auf die der Methoden und Modelle und deren Organisation ermöglichen. Dafür benötigt es ein übersichtliches und vollständiges Verzeichnis.⁶⁷⁸
- Die vorgegebenen Methoden und Modelle bedürfen eingehender Erläuterung, um den fehlerfreien Umgang mit ihnen zu ermöglichen. Wenn sie von den Nutzern selbst erstellt wurden, muss die Möglichkeit bestehen, entsprechende Dokumentationen für nachfolgende Benutzer abzulegen.⁶⁷⁹
- Die Reihenfolge, in der Methoden und Modelle bearbeitet werden, sollten vom Benutzer frei wählbar sein. Auf der anderen Seite sollte das System aber auch selbständig weitere Analyseschritte vorschlagen, die sich aufgrund der Verfolgung eines konsequenten Prozesses oder situationsbedingt durch die automatische Identifikation von Problemen oder Engpässen ergeben.⁶⁸⁰
- Eine History-Funktion sollte ermöglichen, Veränderungen rückgängig zu machen, die sich nicht als vorteilhaft erwiesen haben. Das gilt für Planvarianten genauso wie für Änderungen der zugrunde liegenden Modelle.⁶⁸¹
- Analog zur Datenkomponente müssen Zugriffsrechte auf sensible Methoden und Modelle

⁶⁷⁴ Schweitzer, M., Gegenstand, 2000, S. 72.

⁶⁷⁵ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 97.

⁶⁷⁶ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20 und Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 99-101.

⁶⁷⁷ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20.

⁶⁷⁸ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20.

⁶⁷⁹ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20.

⁶⁸⁰ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 101.

⁶⁸¹ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 102.

verwaltet werden und die Forderungen des Datenschutzes erfüllt werden.⁶⁸²

- Neben reinen Optimierungsmethoden sollten auch Methoden existieren, die die Interpretation der Ergebnisse durch postoptimale Betrachtungen erleichtern. Zu denken ist dabei an statistische Auswertungen oder Sensitivitätsanalysen.⁶⁸³
- Auch externe Modelle und Methoden sollten in die Modell- und Methodenkomponente eingebunden werden können.⁶⁸⁴
- Zusammenhängende Methoden und Modelle müssen Daten untereinander transferieren können. Beispielsweise müsste ein Modell grobe Rahmenwerte erhalten, wenn es die Konkretisierung eines Teiles eines übergeordneten Modells darstellt.⁶⁸⁵
- Gutes Laufzeitverhalten ist insbesondere dann wichtig, wenn Methoden für mehrere Varianten durchgeführt werden sollen, da Entscheidungsträger durch lange Wartezeiten von der methodengestützten zu einer intuitiveren Entscheidungsfindung gedrängt werden können.⁶⁸⁶

4.2.4 Anforderungen an die Dialogkomponente

Die Dialogkomponente liefert den Einstiegspunkt in das EUS. Sie stellt den Zugang zu der Datenkomponente und der Modell- und Methodenkomponente her und ermöglicht so interaktive Problemlösungen. Dafür sollte die Dialogkomponente folgende Anforderungen erfüllen:

- Da insbesondere erstmalige Benutzer EUS skeptisch gegenüberstehen, sollte die Benutzerfreundlichkeit im Mittelpunkt der Gestaltungsüberlegungen der Dialogkomponente stehen. Als Ergebnis sollte eine übersichtliche, verständliche, zweckmäßige und einheitliche Benutzeroberfläche vorliegen.⁶⁸⁷
- Die Elemente auf dem Bildschirm sollten im Hinblick auf Gestalt (Grafik, Tabelle oder Text), Anordnung, Größe und Farbe wohlstrukturiert und gut wahrnehmbar sein.⁶⁸⁸
- Die Darstellung der Eingabe und der Ausgabe sollte an die Situation angepasst Wichtiges sowie Besonderheiten hervorheben.⁶⁸⁹
- Der Gesamtaufbau des EUS sollte wohlstrukturiert sein und in der Dialogkomponente transparent werden.⁶⁹⁰
- Um die Übersichtlichkeit zu wahren, sollten Daten, Methoden und Modelle nur im Bedarfsfall angeboten werden.⁶⁹¹

⁶⁸² Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 99.

⁶⁸³ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 102.

⁶⁸⁴ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20.

⁶⁸⁵ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 20 und Schneeweiß, C., Elemente, 1994, S. 161-168.

⁶⁸⁶ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 179.

⁶⁸⁷ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 54.

⁶⁸⁸ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 112-113.

⁶⁸⁹ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 21.

⁶⁹⁰ Sprague, R., H., Framework, 1993, S. 21.

⁶⁹¹ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 54.

- Der Verfahrensablauf sollte verständlich sein, damit der Entscheidungsträger Vertrauen in die erstellten Lösungen entwickeln kann.⁶⁹²
- Der Verfahrensablauf sollte außerdem so flexibel wie möglich sein, um im Ablauf auftretende - vom normalen Pfad abweichende - Fragestellungen ebenfalls verfolgen zu können.⁶⁹³
- Die Bedienung der Dialogkomponente sollte so intuitiv wie möglich sein, um nicht durch lange Anlernphasen die Akzeptanz der Nutzer zu verlieren.⁶⁹⁴ Dazu sollten Dialoge und Funktionen möglichst genau das leisten, was ihr Name erwarten lässt.⁶⁹⁵ Damit verbunden ist, dass Quasi-Standards – also beispielsweise die üblichen Mechanismen der MS-Windows Programme.⁶⁹⁶ Die Wissensvoraussetzungen, die für die Benutzung trotzdem notwendig sind, sollten durch Training vor der Sitzung geschaffen und zusätzlich während der Sitzung aus einem Hilfesystem abrufbar sein.⁶⁹⁷
- Die Dialogkomponente sollte umfangreiches Instrumentarium zur Reportgenerierung und zur Anpassung an die individuellen Informationsbedürfnisse umfassen. Das ist insbesondere deswegen notwendig, weil das Problem häufig erst spät im Verlauf des Lösungsprozesses vollständig erfasst wird und erst zu diesem Zeitpunkt die Informationsbedürfnisse vollständig zu Tage treten.⁶⁹⁸
- Die Dialogkomponente sollte möglichst viele unterschiedliche Dialog- und Interaktionsstile anbieten, damit die Nutzer ihre Arbeitsumgebung so einrichten können, wie es ihren Arbeitsgewohnheiten entspricht.⁶⁹⁹
- Die Dialogkomponente sollte - je nach Wunsch - den Nutzer durch den Entscheidungsprozess führen oder ihm möglichst hohe Handlungsfreiheit lassen, um die unterschiedlichen Arbeitsweisen, Charaktere und das jeweilige Vorwissen der Entscheidungsträger zu berücksichtigen.

Für die systemgesteuerte Vorgehensweise sollten typische, sinnvolle Analysereihenfolgen hinterlegt sein.⁷⁰⁰

- Die Sprache sollte auf Wunsch angepasst werden können, damit keine sprachlichen Barrieren die Kommunikation behindern.⁷⁰¹
- Idealerweise sollte das System aus dem Verhalten des Nutzers lernen und sich selbständig

⁶⁹² Kemper, H.-G., Benutzerfreundlichkeit, 1997, S. 52-53.

⁶⁹³ Kemper, H.-G., Benutzerfreundlichkeit, 1997, S. 52-53.

⁶⁹⁴ Hänle, M., Systeme, 1993, S. 36.

⁶⁹⁵ Kemper, H.-G., Benutzerfreundlichkeit, 1997, S. 52-53.

⁶⁹⁶ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 56.

⁶⁹⁷ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 51-52.

⁶⁹⁸ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 117.

⁶⁹⁹ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 54.

⁷⁰⁰ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 103-110.

⁷⁰¹ Staneck-Pohl, C., Systems, 1997, S. 54.

an seinen Arbeitsstil anpassen.⁷⁰²

4.3 Konzeption

4.3.1 Unified Modeling Language und objektorientierte Vorgehensweise

Die Unified Modeling Language (UML) ist eine Übereinkunft über die Notation zur Spezifikation, Visualisierung und Dokumentation von Modellen von Anwendungssystemen, die aus einer von Reihe von Vorgängern - darunter so bekannte wie die Object Modeling Technique von Rumbaugh – hervorgegangen ist.⁷⁰³

Sie wird federführend von Booch, Rumbaugh und Jakobsen von der Firma Rational Software gepflegt.⁷⁰⁴ In der Object Management Group (OMG) sind Unternehmen zusammengefasst, die bei der Erstellung der UML mitgewirkt haben. Die UML befindet sich zur Zeit in der Version 1.4⁷⁰⁵ und wird international als Standard anerkannt.⁷⁰⁶

Die UML macht keine Angaben zu dem Prozess der Softwareentwicklung und besitzt insbesondere kein eigenes Vorgehensmodell. Stattdessen können beliebige andere Vorgehensmodelle herangezogen werden.⁷⁰⁷

Hier soll als Vorgehensmodell die Rahmenkonzeption nach Biethahn, Muksch und Ruf herangezogen werden.

Danach teilt sich der Softwareerstellungsprozess in die sieben Hauptphasen

- Problemspezifikation,
- Systemspezifikation,
- Systemkonstruktion,
- Systemimplementierung und -test,
- Systemverifikation,
- Systemeinführung und -übergabe und
- Systemwartung

auf.

Die Phasen bauen aufeinander auf, dennoch sind Rücksprünge unvermeidbar und von den Autoren auch vorgesehen.⁷⁰⁸

Auf eine detaillierte Darstellung der Aufgaben dieser einzelnen Phasen soll hier verzichtet werden. Stattdessen sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.⁷⁰⁹

⁷⁰² Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 116.

⁷⁰³ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 21.

⁷⁰⁴ Booch, G, Rumbaugh, J., Jacobson, I., Language, 2000.

⁷⁰⁵ OMG (Hrsg.), Language, 2001.

⁷⁰⁶ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 21.

⁷⁰⁷ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 193.

⁷⁰⁸ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 222-223.

⁷⁰⁹ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 418-447.

Abbildung 77 zeigt eine Zuordnung von Phasen des Systemerstellungsprozesses zu den Diagrammtypen der UML, die im Folgenden noch genauer erläutert werden sollen. Ein C in der Matrix deutet an, dass die Diagramme dieser Spalte in der Phase dieser Zeile entstehen. Ein U deutet an, dass die Diagramme dieser Spalte als Vorgabe für die Arbeiten der Phase dieser Zeile dienen. In dieser Tabelle sind die Zeilen und Spalten grau unterlegt, die sich auf die Implementierung beziehen. Auf eine Implementierung eines konkreten Systems soll im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden, so dass sich die folgenden Ausführungen auf die Anwendungsfalldiagramme, die Klassendiagramme und die Verhaltensdiagramme konzentrieren können.

Diagrammtyp oder Prototyp:	Anwendungsfalldiagramme	Klassendiagramme	Verhaltensdiagramme	Implementierungsdiagramme	Prototyp
Phase:					
Problemspezifikation	C				
Systemspezifikation	U			C	
Systemkonstruktion	U	C	C		
Systemimplementierung und -test		U	U	U	C
Systemverifikation	U				U
Systemeinführung und -übergabe					U
Systemwartung	U	U	U	U	U

Abbildung 77: Zuordnung von Phasen des Softwareerstellungsprozesses zu Diagrammtypen der UML

4.3.2 Anwendungsfallmodellierung

Das Anwendungsfalldiagramm (Use Case Diagram) stellt den Zusammenhang zwischen dem zu entwickelnden System und den Benutzern dar. Dafür wird das System so modelliert, wie es sich aus der Sicht des Benutzers darstellt.⁷¹⁰

Elemente der Anwendungsfalldiagramme sind Anwendungsfälle und Akteure. Anwendungsfälle sind zusammengehörige Arbeitsschritte, die unter bestimmten Umständen von einem externen Akteur angestoßen werden. Sie werden durch Ellipsen dargestellt. Ihr Name sollte sich aus einem Substantiv und einem Verb zusammensetzen.⁷¹¹ Wichtig ist dabei, dass die

⁷¹⁰ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 196.

⁷¹¹ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-94 bis 3-97.

Anwendungsfälle keine programmtechnisch funktionalen Untergliederungen des Anwendungssystems sind, sondern dass die Gliederung anhand der unterschiedlichen Anwendungsfälle der betrieblichen Realität erfolgt.⁷¹² Zu jedem Anwendungsfall existiert ein Text, der den Anwendungsfall genauer beschreibt. In dem Text können die beteiligten Akteure, Vor- und Nachbedingungen, eine Ablaufbeschreibung, Ausnahmen und Fehlersituationen, Ansprechpartner, offene Fragen und Dialogbeispiele festgehalten werden.⁷¹³

In diesen Texten können auch unterschiedliche Szenarien für Anwendungsfälle festgehalten werden. Beispielsweise kann der Anwendungsfall „Kredit vergeben“ je nach der Ausstattung mit Sicherheiten des Kunden unterschiedliche Ergebnisse haben. Durch die Beschreibung unterschiedlicher Szenarien für die Anwendungsfälle kann die Anzahl der Fallunterscheidungen in der späteren Konkretisierung durch die Sequenzdiagramme klein gehalten werden, wodurch die Verständlichkeit erhöht werden kann. Häufig wird zwischen dem „primären Szenario“, das den fehlerfreien Durchlauf darstellt, und „sekundären Szenarien“, die verschiedene Fehlermöglichkeiten aufzeigen, unterschieden.⁷¹⁴

Logisch zusammengehörige Ellipsen können durch umschließende Kästen (packages) verbunden werden. Auf oberster Ebene werden dadurch die Systemgrenzen dargestellt.⁷¹⁵

Die Akteure sind meistens Benutzer des Systems. Es können aber auch zeitgesteuerte Impulsgeber oder andere Anwendungssysteme sein, die die Anwendungsfälle des Anwendungssystems anstoßen können oder von ihnen angestoßen werden. Akteure werden durch Piktogramme - beispielsweise stilisierte Personen, Uhren oder andere Symbole - dargestellt. Akteure werden anhand ihrer Rolle, die sie bei der Interaktion mit dem System spielen, beschrieben. Daraus folgt, dass eine reale Person, die mehrere Rollen gleichzeitig einnimmt - wie beispielsweise die des Systemadministrators und eines Sachbearbeiters - auch mehrmals abgebildet wird.⁷¹⁶

Zwischen den Elementen der Anwendungsfalldiagramme bestehen Beziehungen. Jeder Anwendungsfall kann durch mindestens einen Akteur, der durch eine Assoziation in Form einer durchgezogenen Linie mit der Ellipse verbunden ist, ausgelöst werden.⁷¹⁷

Zwischen Anwendungsfällen existieren drei Arten von Verbindungen. Ein Anwendungsfall kann sich aus mehreren kleineren Anwendungsfällen zusammensetzen. Innerhalb eines Diagramms wird dann entweder der zusammengefasste oder die einzelnen Anwendungsfälle dargestellt, so dass für diese Art der Relation keine Notation im engeren Sinne existiert. Diese Aufteilung dient der Komplexitätsreduzierung. In Abbildung 78 ist dieser Zusammenhang durch gestrichelte Linien - von „Inszenierungen auswählen“ und von „Inszenierungs- und

⁷¹² Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 196.

⁷¹³ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 204-206.

⁷¹⁴ Neumann, H. A., Softwareentwicklung, 1998, S. 100.

⁷¹⁵ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-94.

⁷¹⁶ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 201.

⁷¹⁷ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-94.

Aufführungsplan erstellen“ zu den jeweils darunter liegenden Anwendungsfällen - verdeutlicht.

Eine Variante oder Abwandlung eines Anwendungsfalles wird durch eine Ellipse dargestellt, die durch einen Pfeil, der mit «extends» gekennzeichnet ist, mit dem ursprünglichen Anwendungsfall verknüpft ist.⁷¹⁸ So könnte eine Variante eines Anwendungsfalles, der die Authentifizierung eines Nutzers eines Anwendungssystems beschreibt, ein Anwendungsfall sein, in dem die Daten eines neuen Nutzers im System abgelegt werden. Zu beachten ist, dass im zweiten Fall zusätzliche Prozessschritte durchlaufen werden müssen. Die einfache Abfrage, ob ein Kunde bereits im System bekannt ist, bedarf keiner aufwändigen Anwendungsfallunterscheidung, da sie durch unterschiedliche Szenarien beschrieben werden kann.

Wenn eine Reihe von Prozessschritten von mehreren Anwendungsfällen in der gleichen Weise abgearbeitet wird, können diese Schritte als ein separater Teilanwendungsfall ausgegliedert werden. Die benutzenden Anwendungsfälle zeigen mit einem Pfeil, der mit «includes» gekennzeichnet ist, auf den benutzten Anwendungsfall.⁷¹⁹ Durch das Erkennen und die Bündelung paralleler Prozessschritte kann Mehrfachaufwand in der weiteren Systementwicklung vermieden werden.

Für ein EUS zur Spielplangestaltung sind zwei Anwendungsgebiete von besonderem Interesse: die Auswahl der Inszenierungen und die Generierung des Inszenierungs- und Aufführungsplanes.⁷²⁰ Dementsprechend werden als Anwendungsfälle auf oberster Ebene „Inszenierungen auswählen“ und „Inszenierungs- und Aufführungsplan erstellen“ identifiziert. Als Beschreibung dieser Anwendungsfälle können die Ausführungen in dem Kapitel 2.3.3 herangezogen werden.

Als Akteure kommen der Intendant, die Schauspielleitung, gegebenenfalls andere Spartenleitungen und die technische Leitung in Betracht.⁷²¹ Bei einer gleichgeordneten Leitungsstruktur zwischen Intendanten und Verwaltungsdirektor wird der Verwaltungsdirektor auch an der Spielplangestaltung beteiligt sein. Bei einer dezentralen Führungsstruktur - wie sie insbesondere bei großen Häusern vorkommt - werden die Spartenleitungen die Inszenierungs- und Aufführungsplanung selbständig vornehmen.⁷²² Da in dieser Arbeit die verschiedenen Leitungsmodelle nicht separat betrachtet werden sollen, wird hier nicht mit letzter Genauigkeit konkretisiert, wer an welcher Entscheidung beteiligt ist. Stattdessen soll diese Frage im Anwendungsfalldiagramm offen gelassen werden und nur allgemein von einem Entscheidungsträger gesprochen werden. Genauso werden hier die Probleme, die durch die Entscheidungsfindung in Gruppen entstehen, nicht berücksichtigt. Es soll von einem einzelnen Entschei-

⁷¹⁸ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-98.

⁷¹⁹ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-98.

⁷²⁰ Vergleiche 2.3.3.

⁷²¹ Vergleiche Abbildung 32.

⁷²² Vergleiche die Ausführungen zum Thema Leitungsmodelle in Kapitel 2.1.

Träger ausgegangen werden, auch wenn das eine Vereinfachung der Realität ist.⁷²³

Die Anwendungsfälle „Inszenierungen auswählen“ und „Inszenierungs- und Aufführungsplan erstellen“ können noch weiter konkretisiert werden. Die Entscheidungsunterstützung unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Phase des Entscheidungsprozesses, in dem sie zum Tragen kommt. Insbesondere kann der Entscheidungsträger in jeder Phase entscheiden, ob und in welchem Ausmaß er Unterstützung in Anspruch nehmen will. Jede Phase kann dabei einzeln angestoßen werden. Deswegen ist die Entscheidungsunterstützung in jeder Phase ein separater Anwendungsfall.

Die Anwendungsfälle sind also „Zielsystem feststellen“, „Problem feststellen“, „Alternativen suchen und Prognosen durchführen“ und „Alternativen bewerten und Entscheidung treffen“.

Die Unabhängigkeit in der Inanspruchnahme der Entscheidungsunterstützung unterliegt natürlich gewissen Einschränkungen. So können keine Alternativen bewertet werden, wenn nicht vorher Alternativen gesucht worden sind.

In jeder dieser Phasen findet eine Interaktion mit den Stammdaten statt – sei es, dass benötigte Daten aus der Datenbasis ermittelt oder Planungsergebnisse an die Datenbasis übertragen werden. Daraus folgt, dass die Interaktion mit den Stammdaten als Anwendungsfall „Stammdaten pflegen“ ausgegliedert werden kann. Dabei soll „pflegen“ als Sonderfall auch reine Abfragen umfassen.

Für jede Phase des Entscheidungsprozesses existieren Methoden zur Unterstützung des Entscheidungsträgers. Diese Methoden können einzelne Prozessschritte automatisieren. So können Evolutionäre Algorithmen für den Entscheidungsträger Alternativen suchen und Entscheidungen vorschlagen. Die Nutzwertanalyse dahingegen kann ausschließlich Entscheidungen vorschlagen. Damit sind diese Methoden Varianten der entsprechenden Anwendungsfälle. Im Anwendungsfalldiagramm sind nicht alle in Kapitel 2.4 vorgeschlagenen Methoden, sondern nur die im Zentrum der Betrachtung stehenden Evolutionären Algorithmen aufgeführt, um die Grafik nicht zu überlasten.⁷²⁴

⁷²³ Zionts, S., Decision, 1997, S. 233-241.

⁷²⁴ Für eine ausführliche Liste von Methoden und ihre Zuordnung zu den Phasen des Entscheidungsprozesses vgl. Abbildung 34.

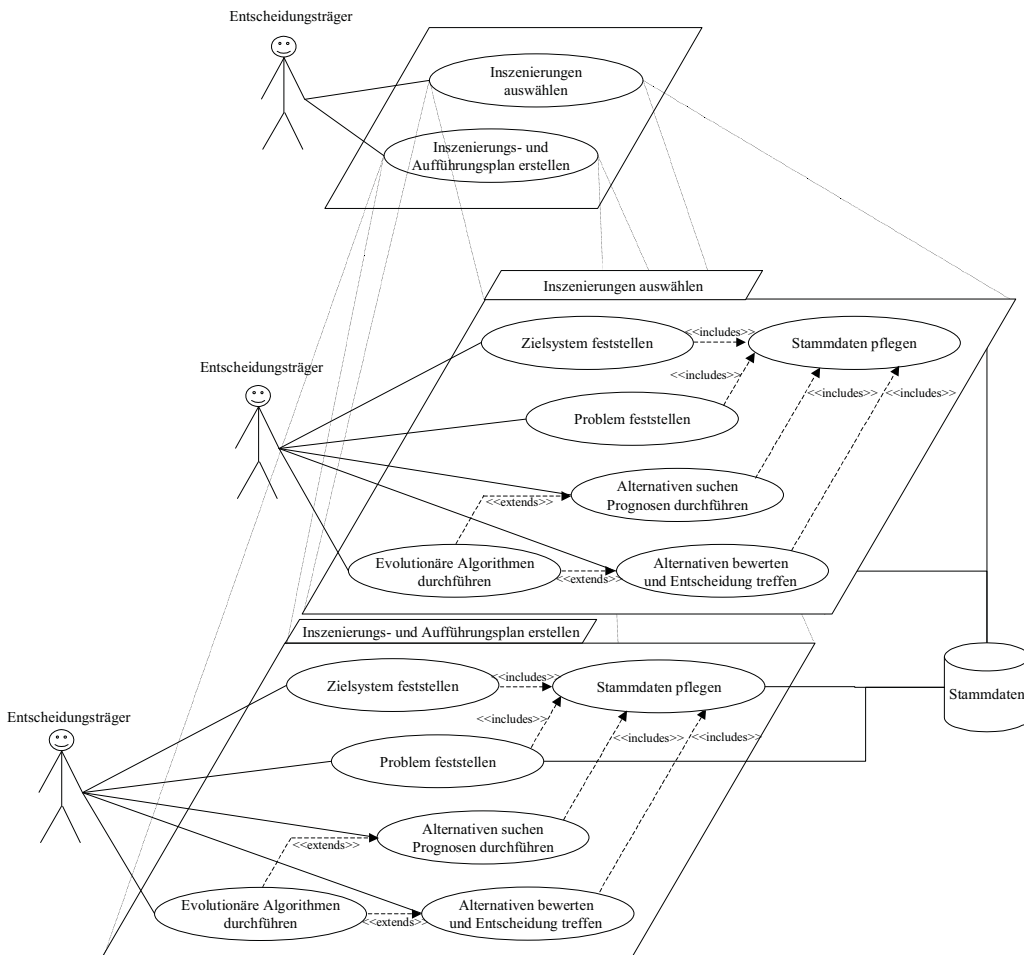


Abbildung 78: Anwendungsfallmodellierung

4.3.3 Strukturmodellierung

Das Klassendiagramm⁷²⁵ steht im Mittelpunkt der Modellierung der statischen Strukturen eines Anwendungssystems. Entgegen seinem Namen enthält es aber nicht nur Klassen, sondern auch Pakete, Schnittstellen und Beziehungen. Darüber hinaus können in Ausnahmefällen auch einzelne Objekte abgebildet werden.⁷²⁶

⁷²⁵ Die Grundbegriffe der Objektorientierung sollen hier nicht erläutert werden. In Zweifelsfällen sei auf die Literatur verwiesen; vgl. beispielsweise Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 35-84.

⁷²⁶ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-34.

Pakete dienen innerhalb der Klassendiagramme zur Komplexitätsreduzierung. Sie können Klassen oder weitere Pakete enthalten. Diese Klassen werden durch das Paket zu einer logisch zusammenhängenden Einheit verbunden. Pakete können in Klassendiagrammen in Form einer Black Box vorkommen, indem die enthaltenen Klassen und Pakete nicht explizit angegeben werden. Dadurch kann die Übersichtlichkeit des Klassendiagramms auf dieser Ebene erhöht werden. Wenn der Inhalt des Pakets trotzdem von Interesse ist, kann dafür ein separates Klassendiagramm erstellt werden.

Pakete werden mit einem Symbol dargestellt, das einem Aktenordner ähnelt. Ihr Name wird in ein kleines Rechteck links, oder wenn der Inhalt verborgen bleiben soll, auch in das Hauptfeld geschrieben. Beziehungen zwischen Paketen werden mit der Hilfe von gestrichelten Pfeilen dargestellt.⁷²⁷

Hier soll die Einteilung in Pakete entlang der Komponentengrenzen vorgenommen werden. Die Klassen für die Daten-, die Modell- und Methoden- und für die Dialogkomponente sollen jeweils zu einem Paket zusammengefasst werden. Die Dialogklassen, die dem Benutzer den Zugriff auf Daten oder Modelle und Methoden ermöglichen, sollen dabei der Dialogkomponente zugerechnet werden, so dass alle Klassen, die direkt mit dem Benutzer interagieren in ihr zusammengefasst sind, auch wenn diese Klassen inhaltlich auch der Daten- bzw. der Modell- und Methodenkomponente zugerechnet werden könnten.

Abbildung 79 zeigt das Zusammenspiel der Pakete des EUS.

Die Interaktion zwischen den Komponenten ist hier lediglich angedeutet. Für jeden Zugriff auf eine Komponente fließt auch eine Information zurück, die das Ergebnis dieser Interaktion beinhaltet. Außerdem ist die Bezeichnung „ermöglicht Zugriff“ sehr allgemein. Sie ist ein Oberbegriff über eine Vielzahl von Zugriffen auf unterschiedliche Entitäten der Komponenten.

⁷²⁷ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-16 bis 3-17.

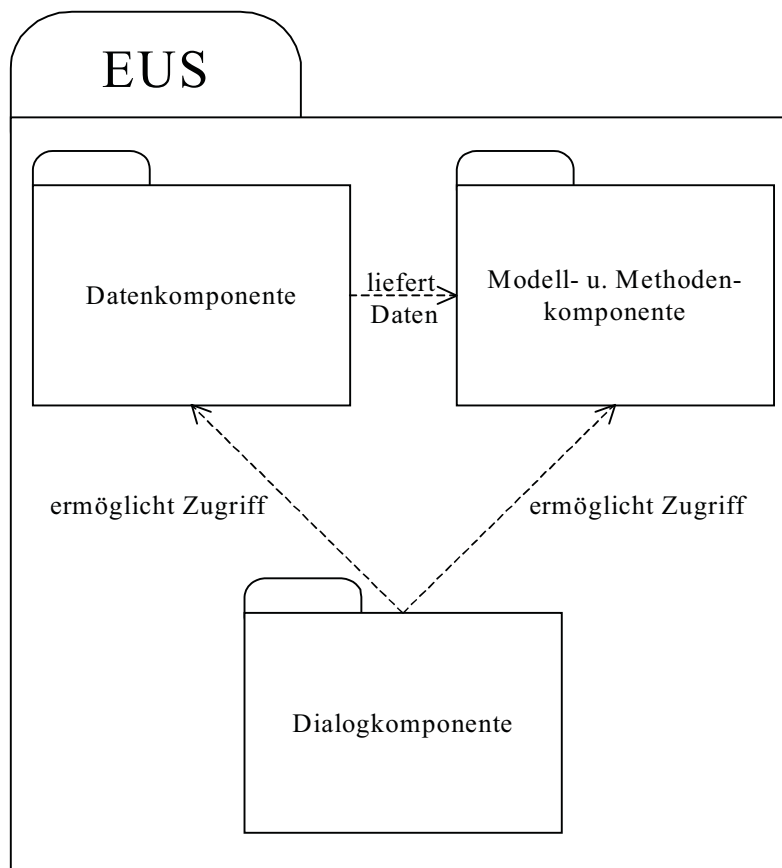


Abbildung 79: Modellierung des EUS aus interagierenden Paketen

Diese noch sehr grobe Darstellung soll durch je ein Klassendiagramm für jede Komponente konkretisiert werden.

Klassen werde als Rechtecke dargestellt. In Abhängigkeit des angestrebten Abstraktionsniveaus werden darin entweder ausschließlich der Name oder zusätzlich die Attribute und Operationen in abgetrennten Teilkästen angegeben. Wenn keine Operationen und Attribute angegeben sind, werden innerhalb der Klasse auch keine Teilkästen abgetrennt. Als Beispiele können die Klassen „Inszenierung“ mit Operationen und Attributen und „Regisseur“ ohne weitere Angaben herangezogen werden, wie sie in Abbildung 80 auftreten. Operationen werden zur Unterscheidung von den Attributen mit einem Klammerpaar hinter dem Namen versehen. Zusätzlich können Informationen zu den Attributen – wie deren Typ oder Sichtbarkeit – und zu den Operationen – wie deren übergebenen Argumente und der Rückgabetyt – angegeben werden.⁷²⁸

Abstrakte Klassen werden durch das Schlüsselwort "abstract" unter dem Namen gekennzeichnet. Unter abstrakten Klassen werden solche verstanden, die als eine Oberklasse für eine Reihe von Klassen fungieren. Jedes Objekt ist aber Instanz einer der Unterklassen, so dass von der Oberklasse kein Objekt existiert. Als Beispiel sei die Klasse „Ressource“ herangezo-

⁷²⁸ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-34 bis 3-45.

gen. Kein reales Objekt ist nur eine Ressource, sondern immer auch gleichzeitig ein Objekt einer Unterklasse wie „Solist“, „Werkstätte“ oder „Spielstätte“. Die Oberklasse dient ausschließlich zur Vorgabe von Mindestanforderungen, die die Unterklassen erfüllen müssen, wie im Fall der „Ressource“ das Vorhandensein von Attributen, die ihre Verfügbarkeit angeben.⁷²⁹

Zwischen Klassen bestehen Beziehungen, die durch Assoziationen dargestellt werden. Assoziationen sind ungerichtete durchgezogene Linien, die durch einen Namen und Kardinalitäten genauer spezifiziert werden. Der Name beschreibt die Rolle der Beziehung zwischen den verbundenen Klassen. Wenn der Name entgegen der Leserichtung verstanden werden soll, kann das durch ein kleines schwarzes Dreieck (◄) versinnbildlicht werden.⁷³⁰

Die Kardinalitäten geben das zahlenmäßige Verhältnis an, das zwischen den Objekten zweier Klassen herrscht. In der hier gewählten einfachen Schreibweise sind nur die Ausprägungen „1“ und „n“ zulässig, die an die Enden der zu beschreibenden Assoziation geschrieben werden. Dabei steht „1“ für die Häufigkeit eins und „n“ für eine unbestimmte Anzahl, die eins oder mehr sein kann. Zur Erläuterung soll der Ausschnitt „Inszenierungs- und Aufführungsplanvariante (n) konkretisiert Spielplanvariante (1)“ aus Abbildung 80 herangezogen werden. Dieser Ausschnitt ist so zu lesen, dass eine Spielplanvariante durch mehrere Inszenierungs- und Aufführungsplanvarianten konkretisiert werden kann, aber dass jede Inszenierungs- und Aufführungsplanvariante zu genau einer Spielplanvariante gehört.⁷³¹

Zwei spezielle Rollen von Assoziationen sind von so herausragender Bedeutung, dass sich für sie anstelle eines Namens ein Symbol zur Vereinfachung der Notation eingebürgert hat. Die Aggregation beschreibt den Fall, dass eine Klasse aus Objekten einer anderen Klasse zusammengesetzt wird. So besteht zwischen den Klassen Buch und Seite eine Aggregationsbeziehung. Es ist dabei möglich, dass eine Klasse aus Objekten mehrerer Klassen zusammengesetzt wird - so besteht ein Buch aus Seiten und einem Einband - und dass die Klasse zusätzlich aus Teilen besteht, die nicht in einer anderen Klasse liegen. Das ist der Fall, wenn die Informationen des Einbandes - wie der Titel und der Autor - Attribute der Klasse Buch sind. Aggregationen werden durch ein kleines Viereck am Ende der Assoziation dargestellt. Das Viereck befindet sich an dem Ende des Kompositums, also - um im Beispiel zu bleiben - am Buch.⁷³²

Die zweite Rolle, für die ein eigenes Symbol definiert ist, ist die Vererbung. Anstelle einer ungerichteten Assoziation wird ein Pfeil mit einer nicht ausgefüllten Pfeilspitze von der abgeleiteten zur Oberklasse gezogen.⁷³³

In Abbildung 80 ist das Klassendiagramm der Datenkomponente abgebildet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Anzahl der Attribute und Operationen stark reduziert worden. Bei-

⁷²⁹ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 318.

⁷³⁰ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-68 bis 3-69.

⁷³¹ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-76 bis 3-77.

⁷³² OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-72.

⁷³³ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-86.

spielsweise bedarf jedes Objekt eines Primärschlüssels oder Namens, mit dem es eindeutig identifiziert werden kann, der hier nicht jedes Mal angegeben ist. Außerdem wurde auf die Angabe von Operationen, die ausschließlich Attribute setzen oder abfragen, verzichtet.

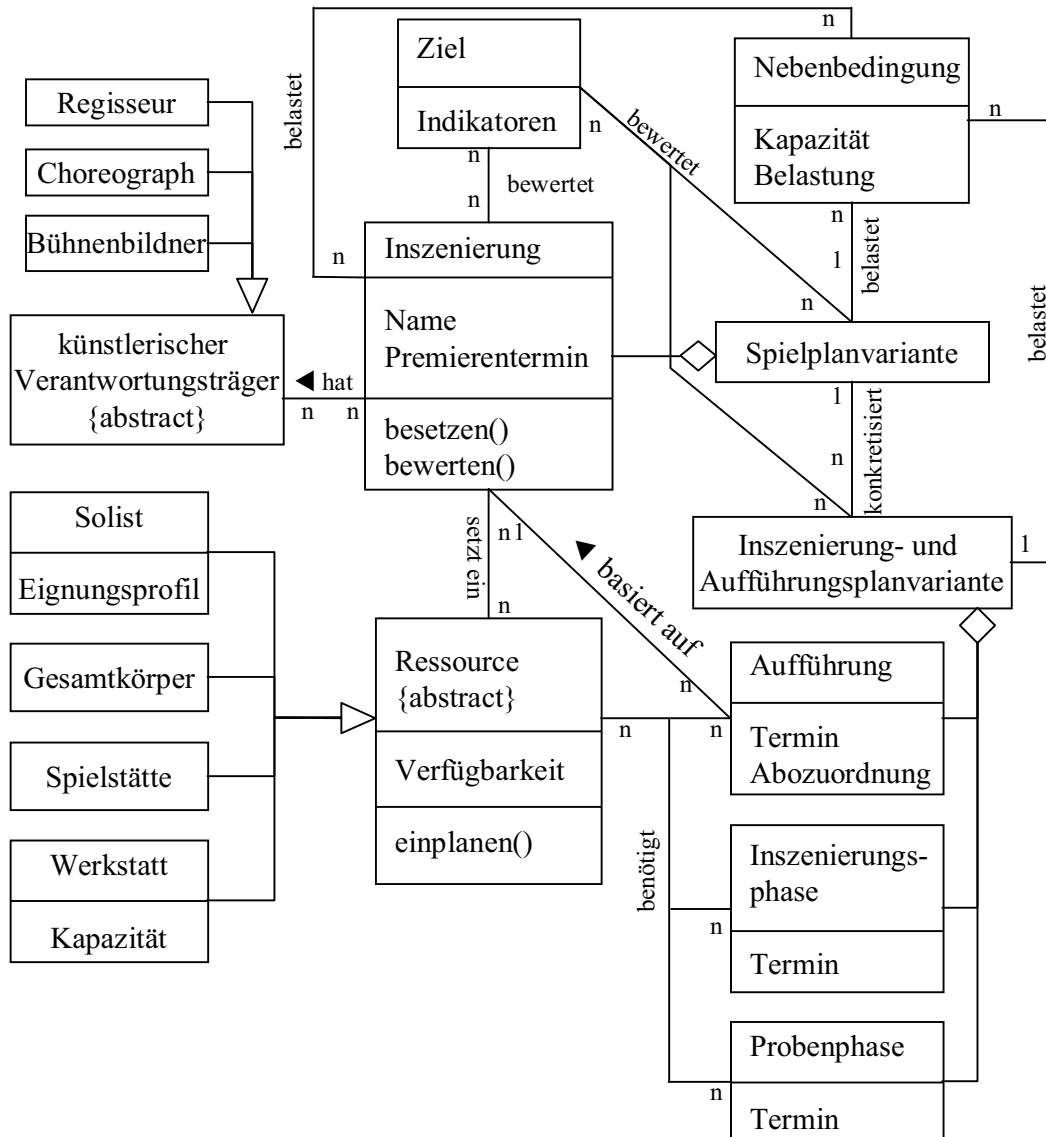


Abbildung 80: Klassendiagramm der Datenkomponente

Von den Methoden, die in Kapitel 2.4 vorgestellt werden, werden hier ausschließlich die Varianten von Evolutionären Algorithmen in die Modell- und Methodenkomponente aufgenommen, die sich als geeignet erwiesen haben. Methoden für die Unterstützung anderer Phasen sollte die Modell- und Methodenkomponente ebenfalls vorhalten. Sie sind hier aber nur als „weitere Methodenklassen“ angedeutet, um die Abbildung nicht zu überladen. Analoges gilt für vorgefertigte Modellbausteine, von denen hier nur LP- und Rucksackprobleme explizit angegeben sind. Schließlich sind in Kapitel 3.1 für die evolutionären Operatoren „rekombinieren()“, „mutieren()“ und „selektieren()“ verschiedene Varianten vorgestellt worden, für die jeweils nur ein generischer Repräsentant angegeben ist.

Abbildung 81 zeigt das Klassendiagramm der Modell- und Methodenkomponente.

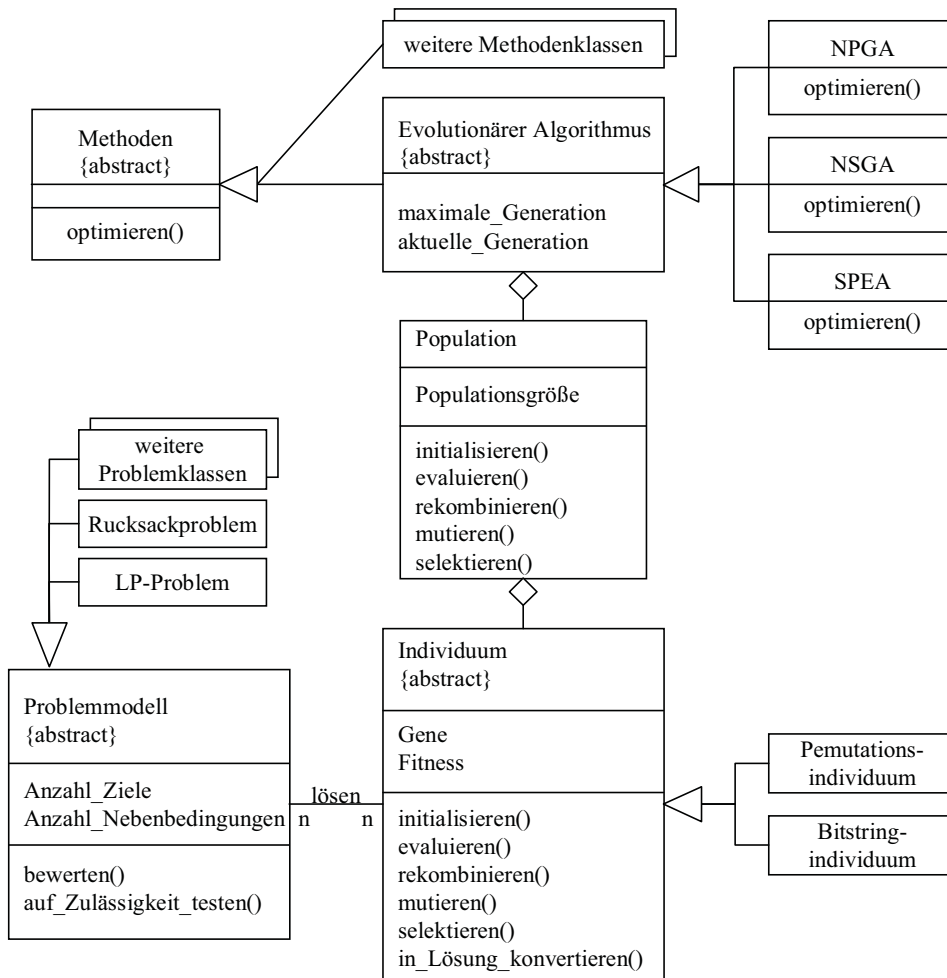


Abbildung 81: Klassendiagramm der Modell- und Methodenkomponente

Abbildung 82 zeigt das Klassendiagramm der Dialogkomponente.

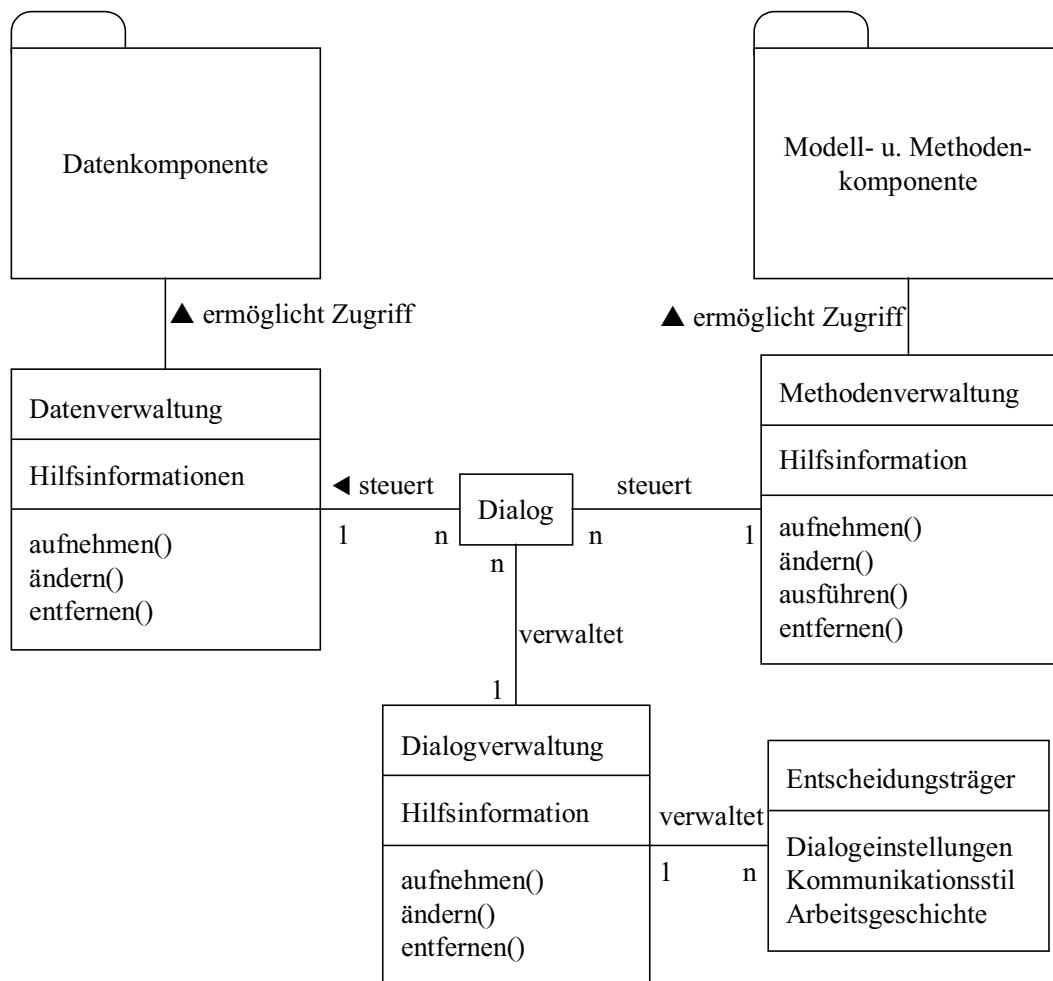


Abbildung 82: Klassendiagramm der Dialogkomponente

4.3.4 Verhaltensmodellierung

Die Modellierung des Verhaltens des EUS kann in vier unterschiedlichen UML-Diagrammtypen erfolgen. Zustands- und Aktivitätsdiagramme beschreiben das Verhalten jeweils eines einzelnen Objektes. Dahingegen beschreiben Sequenz- und Kollaborationsdiagramme Interaktionen zwischen Objekten verschiedener Klassen. Die Auswahl der Diagrammtypen zur Darstellung des Systemverhaltens ist dem Modellierer grundsätzlich freigestellt. Es ist aber offensichtlich, dass Zustands- und Aktivitätsdiagramme vorzuziehen sind, wenn sich das Verhalten des Systems hauptsächlich auf Objekte einer Klasse konzentriert und dass Sequenz- und Kollaborationsdiagramme bei stark klassenübergreifenden Interaktionen besser geeignet sind. Aktivitäts- und Zustandsdiagramme sind gegenseitig substituierbar. Sie stellen jeweils die selben Informationen in unterschiedlicher Form dar.⁷³⁴ Analoges gilt für

⁷³⁴ Aktivitätsdiagramme sind Zustandsdiagramme, die überwiegend oder ausschließlich Aktivitäten enthalten; vgl. Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 288.

Sequenz- und Kollaborationsdiagramme.⁷³⁵

Zustandsdiagramme zeigen die Übergänge zwischen unterschiedlichen Zuständen eines Objektes. Ein Diagramm enthält eine Menge von Zuständen, Zustandsübergänge, einen Start- und möglicherweise mehrere Endzustände. Ein Zustand ist eine unterscheidbare Situation im Lebenszyklus eines Objektes, in dem es eine bestimmte Bedingung erfüllt, eine Operation ausführt oder auf ein Ereignis wartet.⁷³⁶

Zustandsdiagramme beziehen sich auf genau eine Klasse. Prinzipiell kann für jede Klasse ein Zustandsdiagramm gezeichnet werden, sie sind aber nur sinnvoll, wenn die Objekte der betrachteten Klasse signifikanten Veränderungen im Verlauf ihres Lebenszyklus' unterliegen.⁷³⁷

Ein Zustand wird durch ein Rechteck mit abgerundeten Ecken dargestellt. Der Anfangszustand und die Endzustände bilden dabei eine Ausnahme, denn der Anfangszustand wird durch einen schwarzen Kreis, ein Endzustand durch einen schwarzen in einem weißen Kreis dargestellt. Kein Zustandsübergang führt zu dem Anfangszustand und kein Übergang von einem Endzustand weg.⁷³⁸

Die Zustandsrechtecke beinhalten entweder nur den Namen des Zustandes oder sie werden in drei Bereiche unterteilt, von denen der erste den Namen des Zustandes, der zweite Bedingungen, die für diesen Zustand erfüllt sein müssen und der dritte Operationen enthält.⁷³⁹ Die Operationen können mit den Schlüsselwörtern "entry", "exit" oder "do" versehen werden. Diese Operationen werden bei Eintritt in diesen Zustand, Verlassen dieses Zustandes respektive fortwährend ausgeführt. Dabei handelt es sich um Operationen, die sicherstellen oder überprüfen, ob der Zustand noch erfüllt ist.⁷⁴⁰ Zu unterscheiden sind davon die Operationen, die im Zuge der normalen Aufgaben des Objektes aufgerufen werden. Diese Operationen sind in der Regel die Ursache für einen Zustandsübergang. In dem Fall werden die Namen der Operation an den Zustandsübergang herangeschrieben. Der Zustandsübergang selbst wird als ein Pfeil zwischen den Zuständen dargestellt. Die Übergänge zwischen Zuständen können an Bedingungen geknüpft sein, die dann in eckigen Klammern angegeben werden.⁷⁴¹

Die Klassen „Spielplanvariante“ und „Inszenierungs- und Aufführungsplanvariante“ sind die zentralen Elemente in der Datenkomponente. Deswegen kommen sie als erste für die Zustandsmodellierung in Betracht. Um die Komplexität der Darstellung zu begrenzen soll nicht unterschieden werden, wie viele Nebenbedingungen oder Ziele erfüllt oder zufriedenstellend

⁷³⁵ Sequenzdiagramme eignen sich durch ihre sequentielle Behandlung der Zeit besser für lange Szenarios, Kollaborationsdiagramme sind durch die Möglichkeit, zusammengehörige Objekte nah beieinander zu platzieren, für Szenarios mit vielen Objekten besser geeignet, vgl. Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 294.

⁷³⁶ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-138.

⁷³⁷ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-137.

⁷³⁸ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 307.

⁷³⁹ Oesterreich, B., Softwareentwicklung, 2001, S. 306.

⁷⁴⁰ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-139.

⁷⁴¹ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-146.

sind, sondern lediglich jeweils ein Zustand für alle Nebenbedingungen und Ziele ausgewiesen werden.

Die Operation „Inszenierungen aufnehmen oder entfernen“ ist ein Oberbegriff für manuelle und automatisiert generierten Veränderungen an den Inszenierungen. Letztere können beispielsweise auch von einem Evolutionären Algorithmus vorgenommen werden.

Abbildung 83 zeigt das Zustandsdiagramm für ein Objekt der Klasse „Spielplanvariante“. Das Zustandsdiagramm der „Inszenierungs- und Aufführungsplanvariante“ unterscheidet sich lediglich in den Operationen, die benötigt werden, um die Planung vorzunehmen.⁷⁴² Die Termine für Aufführungen, Proben- und Inszenierungsphasen müssen festgelegt werden. Zusätzlich müssen die Anzahlen der Veranstaltungen pro Inszenierung festgelegt werden. Die Zustände und die Bedingungen für Zustandsübergänge sind aber identisch zu der Spielplanvariante, so dass hier auf eine separate Darstellung verzichtet werden soll.

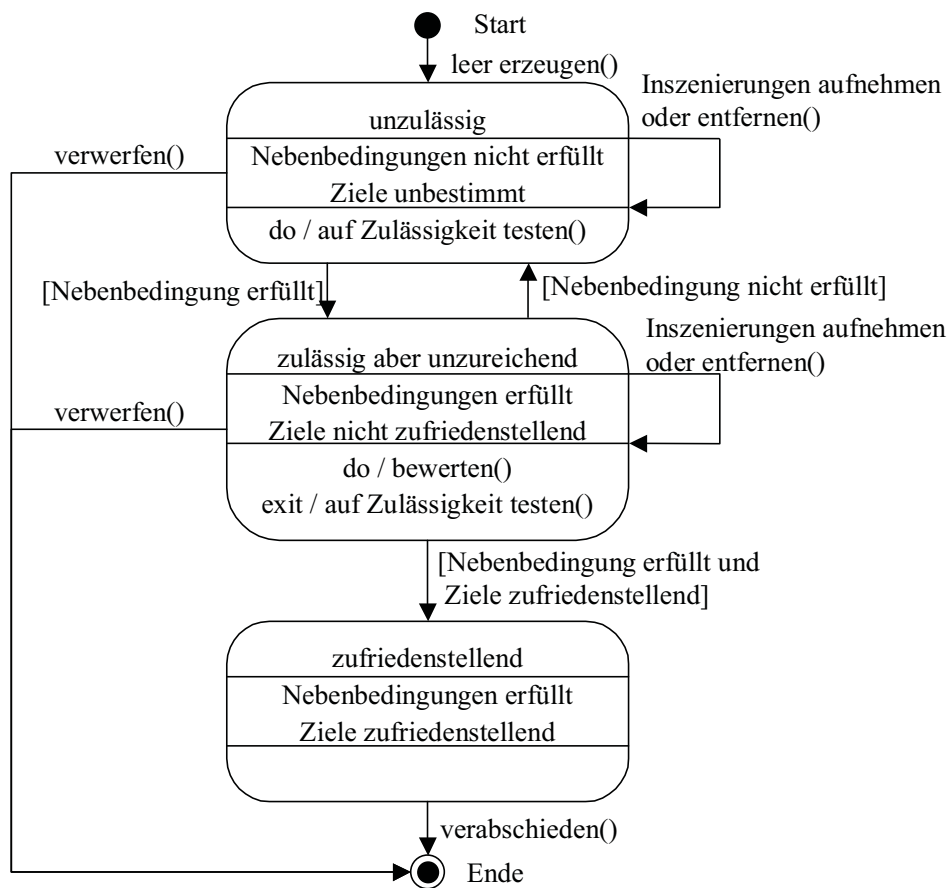


Abbildung 83: Zustandsdiagramm der Klasse Spielplanvariante

Auf die Darstellung von Zustandsdiagrammen für die Klassen der Methodenkomponente soll zugunsten eines Sequenzdiagramms verzichtet werden, weil deren Objekte stark interagieren und ihr Verhalten deswegen im Kontext transparenter wird.

Ein Sequenzdiagramm bezieht sich in der Regel auf ein bestimmtes Szenario eines Anwen-

⁷⁴² Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 2.3.3.

dungsfalles. Es kann aber in Ausnahmefällen auch eingesetzt werden, um komplexe Operationen zu konkretisieren. Es beinhaltet Objekte verschiedener Klassen sowie Interaktionen zwischen ihnen. Die Interaktionen finden in Form von Nachrichten zwischen den Objekten statt.⁷⁴³

Objekte werden als Rechtecke dargestellt, die waagrecht in beliebiger Reihenfolge über das Diagramm verteilt angeordnet werden. In das Rechteck wird der Name des Objektes gefolgt von einem Doppelpunkt und dem Namen der instanziierten Klasse eingetragen. Wenn in einem Diagramm nur ein Objekt einer Klasse vorkommt, kann auf den Objektnamen verzichtet werden.⁷⁴⁴

Während die horizontale Anordnung keine Information in sich trägt, zeigt die vertikale Reihenfolge die zeitliche Abfolge der Nachrichten an. Nachrichten werden als waagerechte Pfeile dargestellt, über die der Namen der aufgerufenen Operation geschrieben wird.⁷⁴⁵ Wird eine Operation mehrfach ausgeführt, kann dies durch einen vor dem Namen notierten Stern (*) dargestellt werden.⁷⁴⁶

An jedem Rechteck beginnt eine senkrechte gestrichelte Linie, die als Anfangs- oder Endpunkt für Nachrichten fungieren kann. Wenn ein Objekt zu Beginn des Szenarios bereits existiert, wird es am oberen Rand des Diagramms eingezeichnet, andernfalls wird ein Objekt durch eine entsprechende Nachricht erstellt. Das Rechteck wird so platziert, dass die senkrechte Linie den Beginn des Lebenszyklus des Objektes angibt. Deswegen wird die senkrechte Linie auch als „Lebenslinie“ bezeichnet. Wenn ein Objekt aufgelöst wird, endet die entsprechende Lebenslinie mit einem Kreuz.⁷⁴⁷

Das Objekt, das zu einem bestimmten Zeitraum aktiv ist, wird markiert, indem seine Lebenslinie mit einem Balken versehen wird, der die Dauer angibt, für die der Fokus auf diesem Objekt liegt.⁷⁴⁸

Bedingte Nachrichten werden durch die Angabe der Bedingung in eckigen Klammern kenntlich gemacht. Verzweigungen können dadurch dargestellt werden, dass von einem Punkt zwei Nachrichten ausgehen, die an sich ausschließende Bedingungen verknüpft sind. Durch zwei unbedingte Nachrichten, die von einem Punkt ausgehen kann Nebenläufigkeit dargestellt werden. Da diese Darstellungsmittel missverständlich sind, weil häufig die alternativen Nachrichten untereinander eingezeichnet werden müssen, obwohl keine zeitliche Reihung vorliegt, sollte auf ihren Einsatz möglichst verzichtet werden.⁷⁴⁹

Ein Konstrukt zur Darstellung von Schleifen existiert nicht. Insbesondere ist es nicht sinnvoll,

⁷⁴³ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-102.

⁷⁴⁴ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-102.

⁷⁴⁵ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-112.

⁷⁴⁶ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 166.

⁷⁴⁷ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-105 bis 3-109.

⁷⁴⁸ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-110 bis 3-111.

⁷⁴⁹ OMG (Hrsg.), Language, 2001, S. 3-113.

durch eine Scheinnachricht vom Schleifenfuß nach oben zu dem Schleifenkopf zu verzweigen, da das einem Schritt zurück in der Zeit gleichkäme.

In Abbildung 84, die das Sequenzdiagramm zu dem Anwendungsfall „Evolutionäre Algorithmen durchführen“ darstellt, ist der Ablauf einer Generation grau unterlegt. Der graue Bereich wird in einer Schleife wiederholt, bis die Anzahl der abgearbeiteten Generationen eine Obergrenze erreicht, oder ein performanceabhängiges Abbruchkriterium greift.

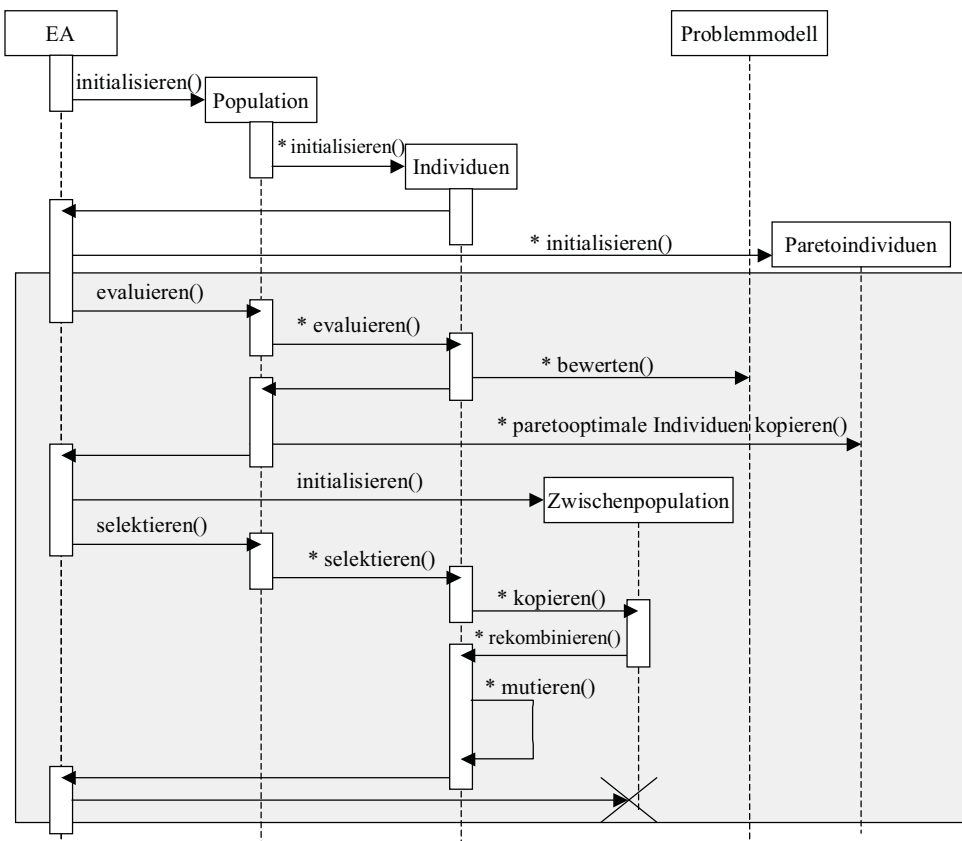


Abbildung 84: Sequenzdiagramm des Anwendungsfalles „Evolutionäre Algorithmen durchführen“

4.4 Kritische Würdigung des Konzeptes

4.4.1 Bewertung der Qualität

Qualität ist „die Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes oder einer Dienstleistung, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung festgelegter und oder vorausgesetzter Erfordernisse beziehen.“⁷⁵⁰

Da hier kein vollständiges Anwendungssystem vorliegt, kann die eigentliche Bewertung nicht vorgenommen werden. Stattdessen soll überprüft werden, ob das vorgestellte Konzept, die

⁷⁵⁰ Definition der ISO 8402, zitiert nach Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 389.

Voraussetzungen erfüllt, um ein adäquates EUS zu erstellen und wie ein fertiges EUS auf seine Qualität überprüft werden kann.

Die oben angeführte Definition ist noch sehr abstrakt und bedarf weiterer Operationalisierung. Biethahn, Muksch und Ruf stellen einen Katalog von Eigenschaften von Softwaresystemen zusammen, mit dessen Hilfe hier Ansätze zur Bewertung des EUS aufgezeigt werden sollen.⁷⁵¹

Auf erster Ebene des Kriterienkataloges wird zwischen benutzerinduzierten und technischen Qualitätsmerkmalen unterschieden. Im Mittelpunkt der Benutzersicht steht die Akzeptanz des Systems. Die Bereitschaft, ein System zu nutzen, entsteht durch

- Effektivität,
- Komfortabilität,
- Effizienz und
- Zuverlässigkeit.⁷⁵²

Unter Effektivität wird die Wirksamkeit des Systems verstanden. Das EUS kann seine Wirkung nur entfalten, wenn es korrekt arbeitet und sein Funktionsumfang den Aufgaben angemessen ist.⁷⁵³ Dazu gehören, dass das System die Anforderungen, die in Kapitel 4.2 aufgestellt wurden, erfüllt.⁷⁵⁴

Komfortabilität oder Komfort zeigt sich in der Einhaltung der Anforderungen zur Benutzerfreundlichkeit und der Softwareergonomie, die im Zusammenhang mit der Dialogkomponente bereits diskutiert wurden. Außerdem gehört dazu hohe Fehlertoleranz und die leichte Erlernbarkeit des Produkts.

Unter Effizienz wird das Ausmaß der Inanspruchnahme von Betriebsmitteln von einem Arbeitsgang des EUS verstanden. Dabei nimmt die Bedeutung der Hardwareeffizienz⁷⁵⁵ mit sinkenden Preisen für Rechenleistung zugunsten der Softwareeffizienz ab, so dass die Durchlaufzeit von Aufträgen, also die Zeit, die Benutzer auf eine Antwort des Systems warten müssen, zum bestimmenden Kriterium wird.⁷⁵⁶

Zuverlässigkeit zeigt sich in Korrektheit, in hoher Verfügbarkeit sowie in guter Vorsorge zur Sicherung vor und zur Wiederherstellung nach Ausfällen.⁷⁵⁷ Der Nachweis vollständiger Korrektheit, also der Übereinstimmung des Ergebnisses von jeder möglichen Eingabe mit den Anforderungen, ist ein Problem der theoretischen Informatik und bei hochkomplexen Systemen in der Praxis nicht realisierbar. Korrektheit soll deswegen als eine möglichst hohe Robustheit gegenüber Ausnahmesituationen also als geringe Fehleranfälligkeit interpretiert wer-

⁷⁵¹ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 389-397.

⁷⁵² Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 397.

⁷⁵³ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 393.

⁷⁵⁴ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 46.

⁷⁵⁵ Hohe Hardwareeffizienz liegt vor, wenn die Rechenkapazitäten gut ausgelastet sind.

⁷⁵⁶ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 48.

⁷⁵⁷ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 390 und S. 394.

den. Eine hohe Verfügbarkeit zeigt sich in einer möglichst geringen Ausfallszeit bzw. in einem möglichst günstigem Verhältnis aus der durchschnittlichen Zeit zwischen zwei Ausfällen und der erwarteten Reparaturdauer.⁷⁵⁸

Der zweite große Punkt ist die technische Sicht auf die Qualität. Die Systementwickler profitieren von der Ausbaufähigkeit des Systems, die die Eigenschaft beschreibt, an neue und veränderte Anforderungen angepasst werden zu können. Sie zeigt sich in

- der Wartungsfreundlichkeit,
- der Anpassungsfähigkeit und
- der Maschinenunabhängigkeit.

Die Wartungsfreundlichkeit eines Anwendungssystems zeigt sich in seiner Analysierbarkeit, der Änderbarkeit, der logischen Prüfbarkeit und der Testbarkeit.⁷⁵⁹

Um als analysierbar zu gelten, muss ein Softwaresystem so gestaltet sein, dass ein fachkundiger Betrachter jede Komponente in kurzer Zeit verstehen kann. Dazu gehört, dass der Quellcode gut dokumentiert und nicht kryptisch formuliert ist.⁷⁶⁰ Änderbarkeit bezeichnet die Eigenschaft der Software, so flexibel gestaltet zu sein, dass sie schnell an veränderte Anforderungen angepasst werden kann.⁷⁶¹ Die wichtigste Voraussetzung dafür ist, dass die Strukturen strikt modular gehalten sind und bei Änderungen keine unerwartete Fernwirkungen auftreten.⁷⁶² Ein System ist testbar, wenn die einzelnen Komponenten separat überprüft und Testfälle systematisch generiert, ausgewertet und wiederholt werden können.⁷⁶³

Anpassungsfähigkeit zeigt sich in Erweiterbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Portabilität.

„Unter Erweiterbarkeit versteht man die Eigenschaft eines Softwaresystems, die es erlaubt, neue Objekte oder Funktionalität einzufügen, ohne es in seinen wesentlichen Eigenschaften verändern zu müssen, insbesondere ohne größere Codeänderungen.“⁷⁶⁴

Eine hohe Wiederverwendbarkeit bedeutet, dass die Bausteine eines Softwaresystems geeignet sind, als Lösungskomponente bei anderen Problemstellungen einzugehen. Insbesondere die Objektorientierung bietet durch ihre Kapselung und ihre klaren Schnittstellen die besten Voraussetzungen dafür.⁷⁶⁵

Übertragbarkeit oder Portabilität bezeichnet die Eignung eines Softwareproduktes für den Einsatz unter geänderten technischen Voraussetzungen.⁷⁶⁶

Maschinenunabhängigkeit bedeutet, dass ein Anwendungssystem an neue Hardwarevoraussetzungen angepasst werden kann. Sie entspricht der Portabilität, wobei hier Änderungen in

⁷⁵⁸ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 52.

⁷⁵⁹ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 397.

⁷⁶⁰ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 61.

⁷⁶¹ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 391.

⁷⁶² Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 61.

⁷⁶³ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 62.

⁷⁶⁴ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 57.

⁷⁶⁵ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 60.

⁷⁶⁶ Kahlbrandt, B., Software-Engineering, 1998, S. 59.

den Hardwarevoraussetzungen vorliegen.

Abbildung 85 zeigt die Merkmale zur Bestimmung der Softwarequalität nochmals im Überblick.

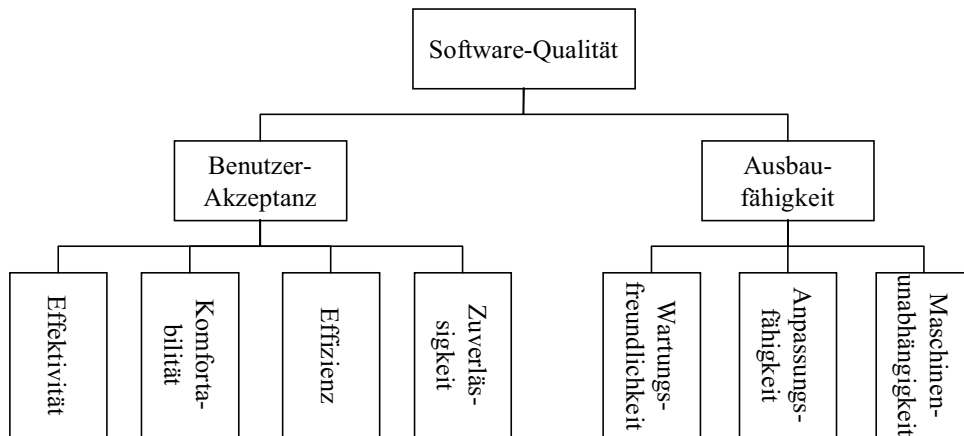


Abbildung 85: Kriterien zur Bestimmung von Softwarequalität⁷⁶⁷

4.4.2 Bewertung der Auswirkungen auf die Zielerreichung

Nagel unterscheidet als drei Kategorien von Nutzen, die ein Anwendungssystem hervorrufen kann

- den direkten Nutzen, der durch die Einsparung gegenwärtiger Kosten entsteht,
- den indirekten Nutzen, der aus der Einsparung zukünftiger Kosten und aus Produktivitätssteigerungen entsteht, und
- den schwer fassbaren Nutzen, der aus immateriellen Vorteilen des Anwendungssystems entsteht.⁷⁶⁸

Der direkte Nutzen resultiert in erster Linie daraus, dass das neue Anwendungssystem die Geschäftsprozesse, die es unterstützt, wirtschaftlicher ablaufen lässt. Dafür ist es unerheblich, ob das neue Anwendungssystem lediglich besser ist als das alte oder bisher überhaupt keine Computerunterstützung vorhanden war. Diese Kategorie des Nutzens steht bei transaktionsorientierten operativen Anwendungssystemen im Fordergrund.

Da die Güte der Prozesse der Entscheidungsfindung – nicht deren Ergebnis – keinen direkten Einfluss auf die Wirkung der Kernleistung hat, aber durchaus Ressourcen der Theater beansprucht, soll sie ausschließlich nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt werden.

Da die meisten Theater keine Spielplanung betreiben, die sich auf EUS und formale Methoden und Modelle stützt, sind alle Kosten, die das Anwendungssystem verursacht, zuerst Kostensteigerungen. Wenn es aber gelingt, durch eine systematischere Herangehensweise, die

⁷⁶⁷ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 1997, S. 397.

⁷⁶⁸ Nagel, K., Nutzen, 1990, S. 24-29 bzw. S. 72; zitiert nach: Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 345-346.

durch die Benutzung des EUS induziert wird, die Entscheidungsprozesse zu beschleunigen, kann es dennoch zu kalkulatorischen Einsparungen an Personalkosten der Entscheidungsträger kommen. Diese Kategorie des Nutzens steht aber beim Einsatz von EUS generell nicht im Vordergrund.⁷⁶⁹

Die Unterscheidung zwischen materiellem und immateriellem bzw. zwischen leicht und schwer fassbarem Nutzen fasst für die öffentlichen Theater zu kurz, da schon Kernkriterien wie beispielsweise künstlerische Qualität oder Publikumszufriedenheit immateriell sind und Schwierigkeiten bei der Operationalisierung bereiten.⁷⁷⁰ Bei dieser Abgrenzung fielen also einzelne Formalziele in unterschiedliche Kategorien,⁷⁷¹ obwohl sie prinzipiell als gleichrangig angesehen werden sollen.

Im Falle des Theater-EUS umfasst der Nutzen der zweiten Kategorie also neben zukünftigen Kosteneinsparungen und Leistungssteigerungen, die aus dem Einsatz EUS entstehen, auch das Erreichen besserer Ergebnisse für die übrigen Formalziele, die die Kunst, die Publikumsbedürfnisse und den öffentlichen Auftrag betreffen. Diese höhere Zielerreichung kann durch eine systematischere Suche durch den Alternativenraum erreicht werden, wie sie beispielsweise durch EA ermöglicht wird.⁷⁷²

In der dritten Nutzenkategorie soll schließlich solcher Nutzen betrachtet werden, der sich nicht in Verbesserungen eines der Formalziele widerspiegelt.

In Betracht kommen

- eine erhöhte Planungssicherheit,
- eine Zunahme der Akzeptanz der Planungsergebnisse und
- eine verbesserte Diskussionsposition gegenüber dem Theaterträger.

Durch eine bessere Vorhersagbarkeit des Spielzeitverlaufs, die das Ergebnis methodengestützte Prognosen des EUS sein sollte, kann eine höhere Sicherheit des Planungsergebnisses und damit eine bessere Einhaltung aller Nebenbedingungen und Zielplanungen erreicht werden. Positive Wirkungen davon können beispielsweise im Abbau von Belastungsspitzen liegen.

Die Akzeptanz der Planungsergebnisse kann durch höhere Transparenz des Entscheidungsprozesses entstehen. Damit kann eine Steigerung der Arbeitsmotivation einhergehen.

Diese Akzeptanz bezieht sich nicht nur auf die Theaterschaffenden, sondern kann auch für Vertreter der Theaterträger gelten, die durch transparente Entscheidungen vom verantwortungsvollem Umgang mit den Ressourcen überzeugt werden können.

Diesen Nutzen stehen Kosten aus der Entwicklung und des Betriebes des EUS gegenüber.

⁷⁶⁹ Keen, P. G. W., Morton, M. S. S., Decision Support Systems, 1978, S. 1 bzw. die Ausführungen auf Seite 168.

⁷⁷⁰ Vergleiche Kapitel 2.2.3.

⁷⁷¹ Die Wirtschaftlichkeit fällt üblicherweise in die Kategorie zwei, die Kundenbedürfnisse in die Kategorie drei; vgl. Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 346.

⁷⁷² Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 3.3.3.

Unter Entwicklungskosten sollen alle Kosten zusammengefasst werden, die bis zur ersten Nutzung entstehen. Dabei handelt es sich um die Personalkosten für die Entwickler und den Arbeitsausfall der Mitglieder des Entwicklungsteams, die aus dem Theater kommen. Dazu gehören weiterhin Hard- und Softwarekosten, Kosten für die Schulung der Benutzer und Kosten für sonstige Fremdleistungen.⁷⁷³

Üblicherweise wird das EUS nicht von dem Theater selbst erstellt. Dann fallen geringere Personal- aber dafür höhere Software- und Fremdleistungskosten an.

Methoden zur Abschätzung des Entwicklungsaufwandes stellen Biethahn, Muksch und Ruf zusammen.⁷⁷⁴

Zu den Betriebskosten zählen Personalkosten, Wartungskosten, Beratungskosten und ggf. Kosten für die Nutzung von Großrechenanlagen oder Abschreibungen auf eigene Rechenanlagen.

Die Argumentation für die Einführung eines EUS wird zusätzlich dadurch erschwert, dass Teile des Nutzens erst nach einer Lern- und Experimentierphase in vollem Umfang auftritt, Kosten hingegen meist von Anfang an vollständig wirken.⁷⁷⁵

Die Ermittlung der Kosten und Nutzen erweist sich als schwierig und damit auch die Entscheidung über die Einführung eines EUS, weil die Auswirkungen großer Unsicherheit unterliegen. Hinzu kommt, dass einige Nutzenbestandteile schwer objektivierbar sind. Zusätzlich dürfte es sich als schwierig erweisen, die Nutzen und Kosten der unterschiedlichen Kategorien zu quantifizieren, zu aggregieren und gegeneinander aufzurechnen.

In hoch vernetzten sozialen Systemen wie einem Theater entsteht das zusätzliche Problem, dass Ursachen und Wirkungen von Veränderungen schwer zugerechnet werden können. Ein Motivationsschub durch die Einführung eines EUS kann sich in – oberflächlich betrachtet – sehr entfernt liegenden Unternehmensbereichen auswirken. Das Problem kann durch hohe Integration der Datenverarbeitung zusätzlich erschwert werden, da die Nutzen ausschließlich einem begrenzten Ausschnitt der Anwendungslandschaft zugerechnet werden müssen.

Selbst wenn die Entscheidung für die Einführung eines spezifischen Entscheidungsunterstützungssystems gefällt worden ist, lauern immer noch Gefahrenquellen für den Erfolg eines Projektes dieser Art, die im Folgenden erörtert werden sollen.

4.4.3 Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung

Eine Reihe von empirischen Analysen ermitteln kritische Erfolgsfaktoren für den Erfolg von Entscheidungsunterstützungssystemen für das gehobene und das Topmanagement. Als Erfolg gilt, dabei, dass

- das System einen Zustand erreicht, in dem es genutzt werden kann,
- das System von der vorgesehenen Zielgruppe genutzt wird,

⁷⁷³ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 126.

⁷⁷⁴ Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., Informationsmanagement, 2000, S. 332-380.

⁷⁷⁵ Werner, L., Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992, S. 125.

- die Nutzer mit dem System zufrieden sind,
- der Einsatz eine messbar höhere Zielerreichung bewirkt und
- die Nutzung des Systems zunimmt.⁷⁷⁶

Die ermittelten kritischen Erfolgsfaktoren dafür sind:

- ein überzeugter Sponsor auf einer hohen Unternehmensebene,
- die (permanente) Verfügbarkeit eines Vertreters der zukünftigen Nutzer,
- angemessenes IT-Personal,
- angemessene Hard- und Softwareausrüstung,
- die Verfügbarkeit der notwendigen Daten,
- der deutliche Bezug zu den Unternehmenszielen,
- der bewusste Umgang mit organisatorischem Widerstand,
- gute Planung der Einführung und Fortentwicklung,
- evolutionäre Systementwicklung und
- sorgfältig definierte Systemanforderungen.⁷⁷⁷

Diese Erfolgsfaktoren wurden von Rockart und De Long⁷⁷⁸ ermittelt und sind seither in der Literatur wiederholt bestätigt worden.⁷⁷⁹

⁷⁷⁶ Poon, P., Wagner, C., Success, 2001, S. 394-395.

⁷⁷⁷ Poon, P., Wagner, C., Success, 2001, S. 395-397.

⁷⁷⁸ Rockart, J. F., De Long, D. W. Executive, 1988, S. 151-239

⁷⁷⁹ Rainer, K. R., Watson, H. J., Keys, 1995, S. 83-98, McBride, N., Rise, 1997, S. 277-288 und Poon, P., Wagner, C., Success, 2001, S. 398-405.

5 Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, zu überprüfen, ob betriebswirtschaftliche Instrumente geeignet sind, die in der Einleitung identifizierte Steuerungskrise der öffentlichen Theater zu lindern. Insbesondere soll diese Frage stellvertretend durch die Überprüfung, ob Entscheidungsunterstützungssysteme bei der Lösung des Problems der Spielplangestaltung helfen können, beantwortet werden.

In Kapitel zwei wird das Entscheidungsfeld der Spielplangestaltung dargestellt. Dafür wird das Zielsystem öffentlicher Theater analysiert und insbesondere auf seine Operationalität überprüft und die Spielplangestaltung in den Gesamtzusammenhang der Planung eingebettet. Als Ergebnis entsteht beispielhaft ein formales Entscheidungsproblem, das methodengestützter Optimierung unterworfen werden kann. Zusätzlich wird die Spielplangestaltung als Entscheidungsprozess dargestellt, wodurch die Entstehung der Ergebnisse transparent und für konkrete Fälle nachvollziehbar gemacht werden soll.

In Kapitel drei werden Evolutionäre Algorithmen als Methode zur Lösung des Spielplangestaltungsproblems vorgestellt. Empirische Tests ergeben ihre prinzipielle Eignung, wobei insbesondere die Unterarten Niched Pareto Genetic Algorithm, Strength Pareto Evolutionary Algorithm und Nondominated Sorting Genetic Algorithm aufgrund ihrer hohen Lösungsgüte und -sicherheit zur Verwendung in einem Entscheidungsunterstützungssystem empfohlen werden.

In Kapitel vier werden Anforderungen und ein Konzept für ein Entscheidungsunterstützungssystem für das Problem der Spielplangestaltung mit Hilfe von Evolutionären Algorithmen vorgestellt. Eine abschließende Bewertung stellt mögliche Nutzen und Kosten eines Einsatzes eines Entscheidungsunterstützungssystems gegenüber.

Zusammenfassend kann als Ergebnis festgehalten werden, dass mit dieser Arbeit ein Konzept vorliegt, computergestützte Entscheidungsunterstützung mit Evolutionären Algorithmen für die Entscheidungsträger öffentlicher Theater bei der Lösung des Problems der Spielplangestaltung zu leisten.

5.2 Ausblick

Diese Dissertation berührt unterschiedliche Forschungsbereiche, die sich alle in Bewegung befinden. Aus diesem Grund kann diese Arbeit in vielen Bereichen lediglich eine Momentaufnahme darstellen. Bei der Weiterentwicklung des vorgestellten Konzeptes müssen die Fortschritte in den Disziplinen Theaterbetriebslehre, Evolutionäre Algorithmen und Entscheidungsunterstützungssysteme stetig aufgenommen und verarbeitet werden.

In dem Maße wie das Verständnis der betriebswirtschaftlichen Probleme der Theater zunimmt, werden bessere Entscheidungsmodelle entstehen, die nicht notwendigerweise detaillierter sind, aber die Spezifika der Problemstellung und die Präferenzen der Entscheidungsträ-

ger präziser abbilden und damit bessere Ergebnisse ermöglichen.

Solche Ergebnisse sind nicht auf das Problem der Spielplangestaltung beschränkt. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz zur methodengestützten Entscheidungsunterstützung kann auch auf weitere Entscheidungsfelder in öffentlichen Theatern – wie die Entscheidungen über Kooperationen zwischen Theatern, wie sie im Kapitel über die strategische Planung dargestellt werden, oder die Probenplanung, wie sie im Kapitel über operative Planung geschildert wird – oder sogar auf gänzlich andere Kulturinstitutionen wie beispielsweise Museen übertragen werden. Darunter soll allerdings keine direkte Übertragung der Ergebnisse, sondern lediglich eine Wiederholung des Prozesses, der zu den hier präsentierten Ergebnissen geführt hat, verstanden werden.

Evolutionäre Algorithmen zur Lösung von Mehrzielproblemen haben sich bereits als sehr leistungsfähig erwiesen. Dennoch sind in dieser Forschungsrichtung weitere Fortschritte zu erwarten. Das Ausmaß der Forschungsbemühungen zeigt sich beispielsweise daran, dass inzwischen auf internationalen Konferenzen separate Workshops angeboten werden, die sich ausschließlich mit dem Thema der Mehrzieloptimierung mit Evolutionären Algorithmen befassen.⁷⁸⁰

Wichtiger als Steigerungen der absoluten Leistungsfähigkeit der Algorithmen selbst erscheinen die Bemühungen, Evolutionäre Algorithmen für Experten anderer Sachgebiete und EUS-Entwickler leichter zugänglich zu machen. Von besonderem Interesse erscheinen dabei die Bemühungen zu sein, Evolutionäre Algorithmen mit der Fähigkeit auszustatten, sich selbst zu konfigurieren und eigenständig auf ihre Optimierungsprobleme anzupassen.⁷⁸¹ Mit dem Wegfall dieses Arbeitsschrittes, der bisher von einem Experten für Unternehmensforschung durchgeführt werden musste, entfielen gleichzeitig einer der größten Nachteile der Evolutionären Algorithmen.⁷⁸²

Durch zunehmende Verflechtung von Entscheidungsunterstützungssystemen und Soft Computing können die Vorteile der Fuzzy Set Theorie und Künstlicher Neuronaler Netze in realen Entscheidungssituationen nutzbar gemacht werden.⁷⁸³ Insbesondere in Entscheidungsfeldern, in denen qualitative Elemente dominieren, werden Entwicklungen in diesem Gebiet die größten Fortschritte ermöglichen.

Für die Bedeutung, die diese Arbeit für die praktische Theaterarbeit spielen wird, sind aber weniger technologische Fortschritte als vielmehr Änderungen in der Art der externen Einflussnahme auf die Theaterarbeit und im Entscheidungsverhalten der Theaterschaffenden selbst wichtig.

Zwar können betriebswirtschaftliche Instrumente prinzipiell auf das Theater übertragen werden. Allerdings müssen bei ihrer Umsetzung und insbesondere bei der Interpretation ihrer

⁷⁸⁰ Ohne Verfasser, Tagungsprogramm, 2002.

⁷⁸¹ Beyer, H.-G., Deb, K., Behaviors, 2001, S. 59-68.

⁷⁸² Vergleiche die Ausführungen in Kapitel 3.1.7.

⁷⁸³ Zeleznikow, J., Nolan, J. R., World, 2001, S. 263-285.

Ergebnisse die Besonderheiten des Theaters berücksichtigt werden.⁷⁸⁴

Der einschneidendste Unterschied liegt dabei im Zielsystem, in dem die Wirtschaftlichkeit nicht das dominierende Element, sondern lediglich eine Dimension unter mehreren ist. Das herausragende Ziel der Theater ist, hochwertige Bühnenkunst zu präsentieren und alle Entscheidungen müssen sich dieser Forderung unterordnen. Nur wenn die Kaufleute diesen Paradigmenwechsel verinnerlichen und in der Anwendung ihrer Instrumente berücksichtigen, können Ergebnisse erzielt werden, die den Aufgaben der öffentlichen Theater gerecht werden. Auf der anderen Seite müssen sich die Theaterschaffenden neuen und ungewohnten Instrumenten stellen. Deren Verbreitung leidet gelegentlich - insbesondere wenn sie unter dem Schlagwort Controlling propagiert werden - an der Reserviertheit der Entscheidungsträger. Diese Skepsis entsteht aus der Vermutung, dass diese Instrumente als Kontrollhandhabe für den Theaterträger dienen und einseitig zum Durchsetzen von Einsparungen herangezogen werden.

Die methodengestützte Spielplangestaltung kann eine höhere Zielerreichung für alle Formalziele also auch der Wirtschaftlichkeit bedeuten. Zusätzlich sollte ein gutes Entscheidungsunterstützungssystem in der Lage sein, die Effizienz der Entscheidungsprozesse zu erhöhen, wodurch weitere Freiräume in den Budgets geschaffen werden. Wie diese Freiräume genutzt werden, also insbesondere, ob so Möglichkeiten für Sparmaßnahmen gesucht werden sollen, ist eine unabhängige Entscheidung, die von der Theaterleitung separat getroffen werden muss. Freiräume können auch dazu dienen, weitere künstlerische Experimente zu ermöglichen oder dazu, die Vielfalt des Spielplanes trotz sinkender Budgets aufrecht zu erhalten.

Das in dieser Arbeit vorgestellte Konzept beschreibt ein strikt internes Instrument. Nutzer sind der Intendant oder ein Spartenleiter und nicht ein Stadtkämmerer. Ein Entscheidungsunterstützungssystem ist kein Instrument, um von außen Einfluss auf ein Theater auszuüben. Ganz im Gegenteil liefert seine konsequente Nutzung Argumente, um überzogenen Budgetkürzungen entgegenzuwirken. Das kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die hohe Auslastung der Mitarbeiter einer Abteilung, die verkleinert werden soll, verdeutlicht wird.

Betriebswirtschaftliche Instrumente liefern Argumente und Gegenargumente zu betriebswirtschaftlichen Fragestellungen. Sie werden von der Unternehmensleitung eingesetzt, um Aufschlüsse über Verbesserungsmöglichkeiten zu gewinnen. Dieser Instrumente können sich Theatergegner und Theaterbefürworter bedienen. Theaterbefürworter, die auf ihre Nutzung verzichten, müssen sich bewusst sein, dass sie damit auf mögliche Argumente für das Theater verzichten.

Die Diskussion um die angespannte Finanzlage vieler Länder und Kommunen hat eine rege Kontroverse über Sparmaßnahmen im Theater hervorgerufen. Der Ausgang dieser Diskussion und insbesondere die Schlüsse, die Politiker aus ihr ziehen, sind von existenzieller Bedeutung für die Zukunft der öffentlichen Theater in Deutschland. Deswegen ist es besonders wichtig,

⁷⁸⁴ Almstedt, M., Biethahn, J., Thesen, 1997, S. 387.

dass die Theater sich dieser Diskussion stellen und die einseitige Darstellung von Kosten und hohen Subventionen um die außerordentlichen Leistungen der Theater und um Beispiele verantwortlichen Umgangs mit Steuermitteln ergänzen.

Literaturverzeichnis

- Abele, H. A., [Unternehmenskultur, 1989]: Unternehmenskultur und Marketing von kulturellen Institutionen (Theater, Oper) und Rundfunkorganisationen, Stuttgart, 1989.
- Adam, D., [Planung, 1996]: Planung und Entscheidung: Modelle - Ziele - Methoden, mit Fallstudien und Lösungen, 4. Auflage, Wiesbaden, 1996.
- Albach, H., [Entscheidungsprozeß, 1961]: Entscheidungsprozeß und Informationsfluß in der Unternehmensorganisation, in: Schnauffer, E., Agthe, K., (Hrsg.), Organisation, TFB-Handbuchreihe: Erster Band, Berlin u.a., 1961, S. 355-402.
- Afheldt, H., Meier, M., Pereira, A., [Oper, 2001]: Oper mit Gewinn - Wie finanziert man Kultur? Ein Gespräch mit dem Intendanten Alexander Pereira, in: Die Zeit vom 5. April, Band 56 (2001), S. 27.
- Almstedt, M., [Controlling, 1998]: Ganzheitliches computerbasiertes Controlling im öffentlichen Theater, Konzeption und prototypische Implementierung eines Controlling-Informationssystems auf der Basis einer Analyse des öffentlichen Theaters, Göttingen, 1998.
- Almstedt, M., Biethahn, J., [Thesen, 1997]: 10 Thesen zum Controlling im öffentlichen Theater – ein Ansatz zur Diskussion der Anforderungen an ein theatergerechtes Controlling, in: Controller Magazin, 1997, S. 386-387.
- Altschul, K., [Marke, 1995]: Die Marke, die Kunst und das Echo, in: Absatzwirtschaft, Band 38 (1995), Sondernummer Oktober, S. 106-113.
- Andreae, C.-A., Keuschnigg, C., [Kunst, 1982]: Kunst und Wirtschaft, in: Andreae, C.-A. (Hrsg.), Symposium Kunst und Wirtschaft - Referate u. Diskussionsbeiträge, Mainz, 1982.
- Andreasen, A., [Marketing, 1985]: Marketing or Selling the Arts: An Orientational Dilemma, in: Journal of Arts Management and Law, Band 15 (1985), Heft 1, S. 9-19.
- Bäck, T., [Algorithms, 1996]: Evolutionary Algorithms in Theory and Practice, New York, 1996.
- Bäck, T., Hoffmeister, F., Schwefel, H.-P., [Survey, 1991]: A Survey of Evolution Strategies, in: Belew, R. K., Booker, L. B. (Hrsg.), Proceedings of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms, San Mateo, 1991, S. 2-9.
- Baensch, N., [Zyklus, 1982]: Der antike Zyklus des deutschen Theaters in Göttingen, in: Baensch, N. (Hrsg.), Deutsches Theater in Goettingen: Spielplan, Ensemble, Akzente, 1966/ 67 bis 1980/ 81, Göttingen, 1982, S. 9-11.

- Bagnall, A. J., McKeown, G. P., Rayward-Smith V. J., [Cryptanalysis, 1997]: The Cryptanalysis of a Three Rotor Machine Using a Genetic Algorithm, in: Bäck, T., Proceedings of the Seventh International Conference on Genetic Algorithms (ICGA97), East Lansing, 1997, S. 712-718.
- Baker, J. E., [Bias, 1987]: Reducing Bias and Inefficiency in the Selection Algorithm, in: Greifstette, J. J., Genetic Algorithms and their Applications, Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms, Hillsdale, 1987, S. 14-21.
- Bauer, H. H., Herrmann, A., Huber, F., [Produktgestaltung, 1996]: Nutzenorientierte Produktgestaltung von Non-Profit-Unternehmen - Das Beispiel eines öffentlichen Theaterbetriebes, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 19 (1996), Heft 3, S. 313-323.
- Bauer, H. H., Herrman, A., Huber, F. [Kundenorientierung, 1995]: Kundenorientierung von Non-Profit-Unternehmen - Das Beispiel eines öffentlichen Theaterbetriebes, in Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 18 (1995), Heft 4, S. 385-397.
- Baumol, W. J., Bowen, W. G., [Arts, 1966]: Performing Arts - The Economic Dilemma, Cambridge, 1966.
- Bayón-Eder, T., Burgtorf, P., [Notwendigkeit, 1994]: Zur Notwendigkeit der Verankerung des Marketinggedankens im Management von Theatern - Konzept für das Marketing öffentlicher Theaterbetriebe in Deutschland, in: Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung, Band 39 (1994), Heft 2, S. 114-138.
- Bea, F. X., [Entscheidungen, 2000]: Entscheidungen des Unternehmens, in: Bea, F. X., Dichtl, E., Schweitzer, M. (Hrsg.), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Band 1: Grundfragen, 8. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, 2000, S. 303-410.
- Bea, F. X., [Informationsbedarf, 1987]: Informationsbedarf für Entscheidungen in öffentlichen Verwaltungen, in: Eichhorn, P. (Hrsg.): Doppik und Kameralistik - Festschrift für Professor Dr. Ludwig Mühlhaupt zur Vollendung des 75. Lebensjahres, Baden-Baden, 1987, S. 17-28.
- Behrens, K. C., [Standortbestimmungslehre, 1971]: Allgemeine Standortbestimmungslehre, 2. Auflage, Opladen, 1971.
- Benayoun, R., Montgolfier de, J., Tergny, J., Laritchev, O., [Programming 1971]: Linear Programming with Multiple Objective Functions: Step Method (STEM), in: Mathematical Programming, Volume 1 (1971), S. 365-375.
- Berens, W., Karlowitsch, M., Mertes, M., [Balanced Scorecard, 2000]: Die Balanced Scorecard als Controllinginstrument in Non-Profit-Unternehmen, in: Controlling, 2000, Heft 1, S. 23-28.

- Berger, S., [Interesse, 1977]: Das Interesse am Theater, Fellbach bei Stuttgart, 1977.
- Bergsdorf, W., [Kultursponsoring, 1996]: Kultursponsoring erleichtern, in: Theater-Rundschau, Band 42 (1996), Heft 11, S. 3.
- Beutling, L., [Theatermanagement, 1994]: Theatermanagement, in Rauhe, H., Demmer, C. (Hrsg.), Kulturmanagement, Berlin, 1994, S. 271-282.
- Beutling, L., [Controlling 1993]: Controlling in Kulturbetrieben am Beispiel Theater - Grundlagen für ein Management zur betriebswirtschaftlichen Steuerung, Hagen, 1993.
- Beutling, L., [Controlling, 1990]: Controlling für öffentliche Theater – Grundmodell und Teilsysteme, in: Braun, G. E., Bozem, K. (Hrsg.): Controlling im kommunalen Bereich – moderne Managementkonzepte zwischen öffentlichem Auftrag und Wirtschaftlichkeit, München, 1990, S. 118-132.
- Beutling, L., [Rechnungswesen, 1986]: Betriebliches Rechnungswesen und Rechnungslegung öffentlicher Theater als Instrumente zur Sicherung ihrer Wirtschaftlichkeit am Theater - Das Ende der Kunst?, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, Band 38 (1986), Heft 1, S. 80-91.
- Beyer, H.-G., Deb, K., [Behaviors, 2001]: On the Desired Behaviors of Self-Adaptive Evolutionary Algorithms, in: Schoenauer, M., Deb, K., Rudolph, G., Yao, X., Lutton, E., Merelo, J. J., Schwefel, H.-P. (Hrsg.), Parallel Problem Solving from Nature - PPSN VI, Proceedings of the 6th International Conference in Paris, France, gleichzeitig: Lecture Notes in Computer Science, Band 1917, Berlin u.a., 2001, S. 59-68.
- Biethahn, J., Hönerloh, A., Kuhl, J., Nissen, V., [Methoden, 2000]: Methoden der praktischen Entscheidungsfindung, 4. Auflage, Göttingen, 2000.
- Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., [Informationsmanagement, 2000]: Ganzheitliches Informationsmanagement, Band 1: Grundlagen, 5. Auflage, München, Wien, 2000.
- Biethahn, J., Muksch, H., Ruf, W., [Informationsmanagement, 1997]: Ganzheitliches Informationsmanagement, Band 2: Entwicklungsmanagement, 2. Auflage, München, Wien, 1997.
- Biethahn, J., Nissen, V., [Algorithms, 1995]: Evolutionary Algorithms in Management Applications, Berlin u.a., 1995.
- Bitz, M., [Strukturierung, 1977]: Strukturierung ökonomischer Entscheidungsmodelle, Wiesbaden, 1977.
- Bloech, J., Bogaschewsky, R., Götze, U., Roland, F., [Einführung, 2001]: Einführung in die Produktion, vierte vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Heidelberg, 2001.

- Bolwin, R., [Theatermarketing, 1994]: Theatermarketing, Jungbrunnen für eine alternde Schönheit!?, in: Krzeminski, M., Neck, C. (Hrsg.), Praxis des Social Marketing: Erfolgreiche Kommunikation für öffentliche Einrichtungen, Vereine, Kirchen und Unternehmen, Frankfurt am Main, 1994, S. 79-98.
- Booch, G, Rumbaugh, J., Jacobson, I., [Language, 2000]: The Unified Modeling Language - User Guide, Boston, 2000.
- Borrmann, G.-F., Schwanenberg, M.: [Haushaltsplan, 1982]: Haushaltsplan, in: Strutz, H. (Hrsg.), Handwörterbuch der Verwaltung und Organisation für Praxis und Ausbildung in der öffentlichen Verwaltung, Köln, 1982, S. 176-181.
- Braun, G. E., Töpfer, A., [Ansatzpunkte, 1989]: Ansatzpunkte für Marketing im staatlichen Bereich, in: Töpfer, A., Braun, G. E. (Hrsg.), Marketing im staatlichen Bereich, Stuttgart, 1994.
- Brecht, B., [Organon, 1960]: Kleines Organon für das Theater, in: Schriften zum Theater: Über eine nicht-aristotelische Dramatik, Frankfurt, 1960, S. 128-173.
- Brede, H., [Bestimmungsfaktoren, 1971]: Bestimmungsfaktoren industrieller Standorte - eine empirische Untersuchung, Berlin 1971.
- Brede, H., [Ziele, 1989]: Ziele öffentlicher Verwaltungen, in: Chmielewicz, K., Eichhorn, P. (Hrsg.): Handwörterbuch der öffentlichen Betriebswirtschaft, Stuttgart, 1989, Sp. 1868-1876.
- Breitkopf, B. C., Härtel, G. C., (Hrsg.), [Bühnenspielplan, 1911]: Deutscher Bühnenspielplan 1909/ 1910, Leipzig, 1911.
- Buchholz, E., [Kunst, 1966]: Kunst, Recht und Freiheit, München, Eßlingen, 1966.
- Coello Coello, C. A., [Survey, 1999]: A Comprehensive Survey of Evolutionary-Based Multiobjective Optimization Techniques, in: Knowledge and Information Systems, Band 1 (1999), Heft 3, S. 269-308.
- Coello Coello, C. A., Christiansen, A. D., Aguirre, H. A., [Optimization, 1998]: Using a New GA-Based Multiobjective Optimization Technique for the Design of Robot Arms, in: Robotica, Band 16 (1998), S. 401-414.
- Colberg, K., [Bilanz, 1996]: Bilanz bei Jahreswechsel: Schauspiel 1995, in: Theater-Rundschau, Band 42 (1996), Heft 1, S. 6.
- Collinwood, E., Corne, E., Ross, P., [Diversity, 1996]: Useful Diversity via Multiploidy, in: IEEE (Hrsg.): Proceeding of the Third International Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, 1996, S. 810-813.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., [Introduction, 2000]: Introduction to Algorithms, 24. Auflage, Cambridge, London, 2000.

- Cowgill, M. C., Harvey ; R. J., Watson, L. T., [Algorithm, 1999]: A Genetic Algorithm Approach to Cluster Analysis, in: Computers and Mathematics with Applications, Band 37 (1999), Heft 7, S. 99-108.
- Craig, C. E., [Kunst, 1969]: Über die Kunst des Theaters, Berlin, 1969.
- Darwin, C., [Origin, 1998]: On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life, Nachdruck der Ausgabe von 1860, New York, 1998.
- David, M., [Analyse, 2000]: Informationstheoretische Analyse Neuronaler Netze, Clausthal, 2000.
- Deb, K., [Optimization, 1991]: Binary and Floating-Point Optimization Using Messy Genetic Algorithms, Dissertation, TGCA Report 91004, University of Alabama, The Clearinghouse for Genetic Algorithms, Tuscaloosa, 1991.
- Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), [Theaterstatistik, diverse Jahrgänge]:
 Theaterstatistik 1999/2000, Köln, 2001;
 Theaterstatistik 1998/1999, Köln, 2000;
 Theaterstatistik 1997/1998, Köln, 1999;
 Theaterstatistik 1996/1997, Köln, 1998;
 Theaterstatistik 1995/1996, Köln, 1997;
 Theaterstatistik 1994/1995, Köln, 1996;
 Theaterstatistik 1993/1994, Köln, 1995;
 Theaterstatistik 1992/1993, Köln, 1994;
 Theaterstatistik 1991/1992, Köln, 1993;
 Theaterstatistik 1989/1990, Köln, 1991;
 Vergleichende Theaterstatistik 1949/50 - 84/85, Köln, 1987;
 Vergleichende Theaterstatistik 1949 - 74, Köln, 1977.
- Deutscher Bühnenverein (Hrsg.), [Werkstatistik, diverse Jahrgänge]:
 Wer spielte was? - Werkstatistik des Deutschen Bühnenvereins 1994/ 1995 für Deutschland, Österreich und die Schweiz, Darmstadt, 1996.
 Wer spielte was? - Werkstatistik des Deutschen Bühnenvereins 1993/ 1992 für Deutschland, Österreich und die Schweiz, Darmstadt, 1994.
- Dorigo, M., Di Caro, G., [Ant, 2000]: Ant Colonies for Adaptive Routing in Packet-Switched Communications Networks, in: Eiben, A. E. u.a. (Hrsg.), Parallel Problem Solving from Nature: 5th international conference proceedings, Berlin u.a., 2000, S. 673-682.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., Coloni, A., [Ant, 1996]: The Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B, Band 26 (1996), Heft 1, S. 1-13.

- Dümcke, C., [Krisen, 1993]: Über die Krisen des deutschen Theaters, in: Theater der Zeit, ohne Jahrgang (1993), Heft 2, S. 6-8.
- Eckhardt, J., Horn, I., [Kultur, 1991]: Kultur und Medien - Ausgewählte Ergebnisse einer Studie der ARD/ZDF-Medienkommission, in: Media Perspektiven, Jahrgang 1991, Heft 6, S. 349-367.
- Eder, T. B., Burgdorf, P., [Notwendigkeit, 1993]: Zur Notwendigkeit der Verankerung des Marketinggedankens im Management von Theatern - Konzept für das Marketing öffentlicher Theaterbetriebe in Deutschland, in: Jahrbuch der Absatz- u. Verbrauchsforschung, Band 39 (1993), Heft 2, S. 114-138.
- Eiben, A. E., van Kemenade, C.H.M., [Performance, 1995]: Performance of Multi-Parent Crossover Operators on Numerical Function Optimization Problems, Technical Report 95-33, Leiden, 1995.
- Eichhorn, P. (Hrsg.), [Verwaltungslexikon, 1991]: Verwaltungslexikon, 2. neu bearbeitete Auflage, Baden-Baden, 1991.
- Eichhorn, P., [Begriff, 1986]: Begriff, Bedeutung und Besonderheiten der öffentlichen Wirtschaft und Gemeinwirtschaft, in: Brede, H., von Loesch, A. (Hrsg.), die Unternehmen der öffentlichen Wirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, Baden-Baden, 1986, S. 13-29.
- Eilerts, M., Propach, J., [Projektcontrolling, 2002]: Projektcontrolling im Theater: Ein Erfahrungsbericht - Controlling der Inszenierungsprozesse auf der Basis von MS-Project, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 25 (2002), Heft 1, S. 67-77.
- Fabel, M., [Controlling, 1998]: Kulturpolitisches Controlling - Ziele, Instrumente und Prozesse der Theaterförderung in Berlin, Frankfurt am Main, 1998.
- Fiedler-Winter, R., [Wohin, 1995]: Wohin wir uns entwickeln, in: Gablers Magazin, Band 9 (1995), Heft 10, S. 9.
- Fischer, D., Hasse, M., Biethahn, J., [Untersuchung, 1994]: Eine empirische Untersuchung zum Stand des Controlling und des Einsatzes von Controlling-Informationssystemen in Theatern und Opernhäusern, in: Biethahn, J., Schumann, M. (Hrsg.), Göttinger Wirtschaftsinformatik, Arbeitsbericht, Nr. 4, Göttingen, 1994.
- Fischer, J., [Ziele, 1989]: Qualitative Ziele in der Unternehmensplanung - Konzepte zur Verbesserung betriebswirtschaftlicher Problemlösungstechniken, Berlin, 1989.
- Fischer-Lichte, E., [Zeichensprache, 1990]: Die Zeichensprache des Theaters - Zum Problem theatralischer Bedeutungsgenerierung, in: Möhrmann, R. (Hrsg.), Theaterwissenschaft heute - Eine Einführung, Berlin, 1990, S. 233-259.

- Fleckenstein, G., [Aufgaben, 1982]: Aufgaben des Theaters, in: Baensch, N. (Hrsg.), Deutsches Theater in Goettingen: Spielplan, Ensemble, Akzente, 1966/67 bis 1980/81, Göttingen, 1982, S. 7-8.
- Flimm, J., Jörder, G., [Populismus, 2001]: Populismus? Dass ich nicht lache! „Das Publikum ist nicht doof“: Ein Zeit-Gepräch mit Jürgen Flimm über die Zuschauerverluste am Theater, in: Die Zeit, Nr. 14 vom 29. März, Band 56 (2001), S. 40.
- Fogel, D. B., [Intelligence, 1992]: Evolving Artificial Intelligence, Dissertation, San Diego, 1992.
- Fogel, L. J., Owens, A. J., Walsh, M. J., [Intelligence, 1966]: Artificial Intelligence through Simulated Evolution, New York, 1966.
- Fonseca, C. M., Fleming, P. J., [Performance, 1996]: On the Performance Assessment and Comparison of Stochastic Multiobjective Optimizers, in: Voigt, H.-M., Ebeling, W., Rechenberg, I., Schwefel, H.-P. (Hrsg.), Parallel Problem Solving from Nature - PPSN IV, Proceedings of the 4th International Conference, Berlin u.a., 1996, S. 584-593.
- Fonseca, C. M., Fleming, P. J., [Overview, 1995]: An Overview of Evolutionary Computation in Multiobjective Optimization, in: Evolutionary Computation, Band 3 (1995), Heft 1, S. 1-16.
- Fonseca, C. M., Fleming, P. J., [Genetic Algorithms, 1993]: Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization, in: Forrest, S. (Hrsg.), Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, San Mateo, 1993, S. 416-423.
- Frahm, J., Kölbl, T., [Aspekte, 1989]: Betriebswirtschaftliche Aspekte kommunaler Theater am Beispiel des Stadttheaters Heilbronn, in Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Bd. 12 (1989), Heft 2, S. 163-174.
- Fuchs, H. J., [Theater, 1988]: Theater als Dienstleistungsorganisation: Legitimationsprobleme des Bundesdeutschen Sprechtheaters in der Gegenwart, Frankfurt am Main, 1993.
- Gäfen, G., [Theorie, 1974]: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung - Untersuchung zur Logik und Bedeutung des rationalen Handelns, 3. erw. Auflage, Tübingen, 1974.
- Gälweiler, A., [Unternehmensführung, 1987]: Strategische Unternehmensführung, Frankfurt, New York, 1987.
- Ganser, K., [Image, 1970]: Image als entwicklungsbestimmendes Steuerungsinstrument, in: Städtebauwelt, Heft 26, 1970, S. 104-109.
- Garey, M. R., Johnson, D. S., [Computers, 1979]: Computers and Intractability – A Guide to the Theory of NP-Completeness, Murray Hill und San Francisco, 1979.

- Gemünden, H. G., [Führungsentscheidungen, 1983]: „Echte Führungsentscheidungen“ - Empirische Beobachtungen zu Gutenbergs Idealtypologie, in: Der Betriebswirt, Band 43 (1983), S. 49-64.
- Gen, M., Cheng, R., [Survey, 1996]: A Survey of Penalty Techniques in Genetic Algorithm, in: IEEE (Hrsg.): Proceeding of the Third International Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, 1996, S. 804-809.
- Geoffrion, A. M., Dyer, J. S., Feinberg, A., [Approach, 1972]: An Interactive Approach for Multi-Criteria Optimization with an Application to the Operation of an Academic Department, in: Management Science, Band 19 (1972), Heft 4, S. 357-368.
- Goldberg, D. E., Deb, K., Clark, J. H., [Algorithms, 1992]: Genetic Algorithms, Noise and the Sizing of Populations, in Complex Systems, Band 6 (1992), S. 333-362.
- Goldberg, D. E., [Algorithms, 1989]: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, 2. Auflage, Reading u.a., 1989.
- Goldberg, D. E., Korb, B., Deb, K., [Algorithms, 1989]: Messy Genetic Algorithms: Motivation, Analysis and First Results, Complex Systems, Band 3 (1989), Heft 5, S. 493-530, gleichzeitig TGCA Report 89003 der University of Alabama, Tuscaloosa.
- Goldberg, D. E., Richardson, J., [Algorithm, 1987]: Genetic Algorithm with Sharing for Multimodal Function Optimization, in: Grefenstette, J. J. (Hrsg.), Genetic Algorithms and their Applications: Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms, Hillsdale, 1987, S. 41-49.
- Göschel, A., [Sozialstaat, 1995]: Zwischen Sozial- und Rechtsstaat - zur Zieldiskussion in der Kulturpolitik, in: Kulturpolitische Mitteilungen; Band 69 (1995), Heft 2, S. 26-31.
- Götze, U., Mikus, B., [Management, 1999]: Strategisches Management, Chemnitz, 1999.
- Götze, U., Bloech, J., [Investitionsrechnung, 1995]: Investitionsrechnung: Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, 2. Auflage, Berlin u.a., 1995.
- Grasskamp, W., [Kulturetats, 1996]: Schwindsüchtige Kulturetats und die Macht der Sponsoren, in: Die Zeit, Band 51, (1996), Heft 13, S. 71.
- Greb, U., [Notwendigkeit, 1995]: Über die Notwendigkeit der Liebe, in: Iden, P. (Hrsg.), Warum wir das Theater brauchen, Frankfurt am Main, 1995, S. 94-99.
- Gründgens, G., [Wirklichkeit, 1953]: Wirklichkeit des Theaters, Frankfurt am Main, 1953.
- Günter, B., [Zuschauer, 1995]: Die unbekanntenen Zuschauer, in: Die Deutsche Bühne, Band 66 (1995), Heft 2, S. 26-27.
- Günter, B., [Marketing, 1993]: Mit Marketing aus der Theaterkrise, in Absatzwirtschaft, Band 36 (1993), Sonderausgabe Oktober, S. 56-63.

- Gutenberg, E., [Grundlagen, 1983]: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Band 1: die Produktion, 24. Auflage, Berlin u.a., 1983.
- Hadamczik, D., [Mamet, 1996]: Mamet, Mozart und Lorient, in: Die Deutsche Bühne, Band 67 (1996), Heft 4, S. 42-45.
- Hadamczik, D., [Wer 1995]: Wer spielt was?, in: Die Deutsche Bühne, Band 66 (1995), Heft 4, S. 46-49.
- Hänle, M., [Systeme, 1993]: Systeme zur Unterstützung von Gruppenentscheidungen: Konzeption und Implementation eines Prototypen, Köln, 1993.
- Harth, H.-A., [Publikum, 1982]: Publikum und Finanzen der Theater, eine Untersuchung zur Steigerung der Publikumswirksamkeit und der ökonomischen Effizienz der öffentlichen Theater, Frankfurt am Main, 1982.
- Hasitschka, W., [Musiktheater, 1994]: Musiktheater und Marketing, in: Zentgraf, C. (Hrsg.), Musiktheater-Management II, Thurnau, 1994, S. 114-124.
- Hättenschwiler, P., [Konzepte, 1999]: Neue Konzepte der Entscheidungsunterstützung, Interne Publikation 99-4 des Instituts für Informatik der Universität Freiburg (Schweiz), Freiburg, 1999.
- Heinen, E., [Industriebetriebslehre, 1991]: Industriebetriebslehre: Entscheidungen im Industriebetrieb, in Heinen, E. (Hrsg.), Entscheidungen im Industriebetrieb, 9. vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden, 1991, S. 1-75.
- Heinen, E., [Grundlagen 1971]: Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen - das Zielsystem der Unternehmung, 2. Auflage, Wiesbaden, 1971.
- Heinrichs, W., Klein, A., Bendixen, P., [Kulturentwicklung, 1999]: Kultur- und Stadtentwicklung, kulturelle Potentiale als Image- und Standortfaktoren in Mittelstädten, Ulm, 1999.
- Hendrickx, C., [Kostenrechnung, 1989]: Die Kostenrechnung als Führungsinstrument in den Schweizer Theaterbetrieben. Dissertation der Hochschule St. Gallen für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften zur Erlangung der Würde eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften, Dissertation Nr. 1101, Bamberg, 1989.
- Hilger, H., [Marketing, 1985]: Marketing für öffentliche Theaterbetriebe, Frankfurt am Main, 1985
- Hochhuth, R., [Geld, 1994]: Wir wollen kein Geld, wir bringen es, in: Süddeutsche Zeitung, Band 52 (1994), Nr. 50, S. 16.
- Hoegl, C., [Ökonomie, 1995]: Ökonomie der Oper, Grundlagen für das Musiktheater-Management, Bonn, 1995.

- Hoffjan, A., [Effizienzvergleiche, 1994]: Effizienzvergleiche öffentlicher Theater: Cost Benchmarking als strategische Erweiterung eines theaterspezifischen Controlling, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 17 (1994), Heft 3, S. 292-310.
- Hoffmann, H., [Kultur, 1979]: Kultur für alle - Perspektiven und Modelle, Frankfurt am Main, 1979.
- Hoffmann, H., Glaser, H., [Theater, 1973]: Theater zur Verbesserung der Lebensqualität: Offener Brief an den Bundeskanzler, in: der Städtetag (1973), Heft 9, S. 470-471.
- Hofmann, J., [Handbuch, 1981]: Kritisches Handbuch des westdeutschen Theaters, Berlin, 1981.
- Holland, J. H., [Adaptation, 1992]: Adaptation in Natural and Artificial Systems, 2. Auflage, Cambridge, 1992.
- Holland; J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., Thagard, P. R., [Systems, 1986]: Classifier Systems, Q-Morphism, and Induction, in: Davis, L. (Hrsg.), Genetic Algorithms and Simulated Annealing, Los Altos, 1987, S. 116-128.
- Holland, J. H., Reitmann, J. S., [Systems, 1979]: Cognitive Systems Based on Adaptive Algorithms, in: Waterman, D. A., Hayes-Roth, F. (Hrsg.), Pattern-Directed Inference Systems, New York, 1978.
- Holland, J. H., [Adaptation, 1975]: Adaptation in Natural and Artificial Systems, Ann Harbor, 1975.
- Honolka, K., [Oper, 1986]: Die Oper ist tot - die Oper lebt, Stuttgart, 1986.
- Hoppe, U., [Methoden, 1992]: Methoden des Knowledge Engineering - ein Expertensystem für das Wertpapiergeschäft in Banken, Wiesbaden, 1992.
- Horlacher, F., [Kultursubventionen, 1984]: Kultursubventionen - Begründungen öffentlicher Kulturförderung und zielgerechte Ausgestaltung von Kultursubventionen, mit besonderer Berücksichtigung der Zürcher Kulturpolitik, Bern u.a., 1984.
- Horn, J., Nafpliotis, N., Goldberg, D. E., [Genetic Algorithm, 1994]: A Niche Pareto Genetic Algorithm for Multiobjective Optimization, in: Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation, Volume 1, Piscataway, 1994, S. 82-87.
- Hummel, M., Waldkircher, C., [Kulturfinanzierung, 1990]: Kulturfinanzierung in Bremen, Gutachten im Auftrag des Senators für Bildung, Wissenschaft und Kunst der Freien Hansestadt Bremen, München, 1990.
- Hummel, M., Berger, M., [Bedeutung, 1988]: Die volkswirtschaftliche Bedeutung von Kunst und Kultur, Gutachten im Auftrag des Bundesministers des Inneren, IFO-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.), München 1988.

- Humphreys, P., [Intelligence, 1989]: Intelligence in Decision Support - A Process Model, in: Doukidis, G., Land, F., Miller, G., Knowledge-Based Management Support Systems, Chichester, 1989, S. 22-50.
- Isermann H., [Optimierung, 1991]: Optimierung bei Mehrfacher Zielsetzung, in: Gal, T., Grundlagen des Operations Research, 3. Auflage, Berlin u.a., 1991.
- Ishibuchi, H., Murata, T., [Algorithm, 1996]: Multi-Objective Genetic Local Search Algorithm, in: Fukuda, T., Furuhashi, T. (Hrsg.), Proceedings of the 1996 International Conference on Evolutionary Computation, Nagoya, 1996, S. 119-124.
- Jakob, W., Gorges-Schleuter, M., Blume, C., [Application, 1992]: Application of Genetic Algorithms to Task Planning and Learning, in: Männer, R., Manderick, B. (Hrsg.), Proceedings of the Second Conference on Parallel Problem Solving from Nature in Bruxelles, Amsterdam, S. 291-300.
- Jörder, G. [Publikumsverweigerung, 2001]: Publikumsverweigerung, in: Die Zeit, Nr. 12 vom 15. Mai, Band 56 (2001), S. 51.
- Kahlert, J., [Optimierung, 1991]: Vektorielle Optimierung mit Evolutionsstrategien und Anwendungen in der Regelungstechnik, Düsseldorf, 1991.
- Kahlbrandt, B., [Software-Engineering, 1998]: Software-Engineering – Objektorientierte Software-Entwicklung mit der Unified Modeling Language, Berlin u.a., 1998.
- Kaplan, R. S., Norton, D., [Scorecard, 1997]: Balanced Scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen, Stuttgart, 1997.
- Keen, P. G. W., Morton, M. S. S., [Decision Support Systems, 1978]: Decision Support Systems: an Organizational Perspective, Reading, 1978.
- Keil, R., [Strategieentwicklung, 1996]: Strategieentwicklung bei qualitativen Zielen - die Abbildung und Verarbeitung qualitativer Zielinformationen in einem Fuzzy-Logic basiertem Expertensystem, Berlin, 1996.
- Kemper, H.-G., [Benutzerfreundlichkeit, 1997]: Benutzerfreundlichkeit/ Benutzungsfreundlichkeit, in: Mertens, P. u.a. (Hrsg.), Lexikon der Wirtschaftsinformatik, 3. Auflage, Berlin u.a., 1997, S. 52-53.
- Keuper, F., [Management, 2001]: Strategisches Management, München u.a., 2001.
- Kirsch, W., [Unternehmensführung, 1993]: Strategische Unternehmensführung, in: Wittmann, W. (Hrsg.), Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band 1, 5. völlig neu gestaltete Aufl., Stuttgart, 1993, Sp. 4094-4111.
- Kolesar, P. J., [Algorithm, 1967]: Branch and Bound Algorithm for the Knapsack Problem, in: Management Science, Band 13 (1967), S. 723-735.

- Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.), [Führung, 1989]: Führung und Steuerung des Theaters, Köln, 1989.
- Konermann, B., [Theater, 1986]: Theater zwischen Ökonomie und Epiphanie - Ursprung, Sein und Möglichkeit der Existenz einer Kunst, Nürnberg-Erlangen, 1986.
- Kosiol, E., [Einführung, 1966]: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum, Reinbeck bei Hamburg, 1966.
- Koza, J. R., Bennett III, F. H., Andre, D., Keane, M. A., [Problems, 1996]: Four Problems for which a Computer Program Evolved by Genetic Programming is Competitive with Human Performance, in: IEEE (Hrsg.): Proceeding of the Third International Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, 1996, S. 1-11.
- Koza, J. R., [Programming, 1994]: Genetic Programming II, Cambridge, 1994.
- Koza, J. R., [Programming, 1992]: Genetic Programming, Cambridge, 1992.
- Kreikebaum, H., [Führung, 1995]: Strategische Führung, in: Kieser, A. (Hrsg.), Handwörterbuch der Führung, 2. neugest. Aufl., Stuttgart, 1995, Sp. 1898-1904.
- Kreikebaum, H., [Unternehmensplanung, 1997]: Strategische Unternehmensplanung, 6. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart u.a., 1997.
- Kropfberger, D., [Kostenrechnung, 1983]: Entscheidungsorientierte Kosten- und Erfolgsrechnung im Marketing I - Vollkostenrechnung versus Teilkostenrechnung, Linz, 1983.
- Lackes, R., Mack, D., [Netze, 2000]: Neuronale Netze in der Unternehmensplanung, München, 2000.
- Landgraf, L., [Erfahrungen, 1996]: Erfahrungen mit den Musiktheater-Angeboten: Wenig Chancen für das klassische Musiktheater, in: Kultur-Journal, Informationsdienst für die Theaterarbeit in Städten und Gemeinden, ohne Jahrgang, (1996), Heft 2, S. 24-25.
- Laumanns, M., Rudolph, G., Schwefel, H.-P., [Set 1999]: Approximating the Pareto Set: Concepts, Diversity Issues and Performance Assessment, Technical Report No. CI-72/99, Department of Computer Science, Dortmund, 1999.
- Laville, F., [Foundations, 2000]: Foundations of Procedural Rationality: Cognitive Limits and Decision Process, in: Economics and Philosophy, Band 16 (2000), Heft 1, S. 117-138.
- Lee, C.-G., Cho., D.-H., Jung, H.-K., [Algorithm, 1999]: Niching Genetic Algorithm with Restricted Competition Selection for Multimodal Function Optimization, in: IEEE Transactions on Magnetics, Band 35 (1999), Heft 3, S. 1722-1725.

- Lehmann, H. T., [Theatralität, 1992]: Theatralität, in: Brauneck, M., Schneilin, G. (Hrsg.), Theater-Lexikon - Begriffe und Epochen, Bühnen und Ensembles (Rowohlt's Enzyklopädie), 3. Auflage, Reinbeck, 1992, S. 1032-1033.
- Lehmann, H. T., Schulz, G., [Kunst, 1983]: Kunst und Gesellschaft, in: Langenbucher, W., Rytlewski, R., Weyergraf, B., Kulturpolitisches Wörterbuch - Bundesrepublik Deutschland, Deutsche Demokratische Republik im Vergleich, Stuttgart, 1983, S. 436-438.
- Lippert, W. [Guggenheim, 1996]: Guggenheim in Bilbao, in Horizont, Band 14 (1996), Heft 26, S. H4.
- Lis, J., Eiben, A. E., [Algorithm, 1996]: A Multi-Sexual Genetic Algorithm for Multiobjective Optimization, in: Fukuda, T., Furuhashi, T. (Hrsg.), Proceedings of the 1996 International Conference on Evolutionary Computation, Nagoya, 1996, S. 59-64.
- Liskowsky, R., Wünschmann, W., [Softwareergonomie, 2000]: Angewandte Softwareergonomie, in: Wirtschaftsinformatik, Band 42 (2000), Heft 6, S. 570-575.
- Loughlin, D. H., Ranjithan, S., [Neighborhood, 1997]: The Neighborhood Constraint Method: a Genetic Algorithm-Based Optimization Technique, in: Bäck, T. (Hrsg.), Proceedings of the Seventh International Conference on Genetic Algorithm, San Mateo, 1997, S. 666-673.
- Mahfoud, S. W., [Crowding 1992]: Crowding and Preselection Revisited, in: Männer, R., Manderick, B. (Hrsg.), Parallel Problem Solving from Nature II, Amsterdam, 1992, S. 27-36.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., Hyndman, R. J., [Forecasting, 1998]: Forecasting - Methods and Applications, Third Edition, New York u.a., 1998.
- Marcuse, H., [Charakter, 1965]: Über den affirmativen Charakter der Kunst, in: ohne Verfasser, Kultur und Gesellschaft I, Frankfurt, 1965, S. 56-101.
- Martello, S., Toth, P., [Knapsack, 1990]: Knapsack Problems - Algorithms and Computer Implementations, Chichester u.a., 1990.
- Martin, U., [Typologisierung, 1999]: Typologisierung des Theaterpublikums: Erkenntnispotential der verhaltensorientierten Marktsegmentierung für das Marketing öffentlicher Theater, Dresden, 1999.
- Mayhew, D. J., [Usability, 1999]: The Usability Engineering Lifecycle: a Practitioner's Handbook for User Interface Design, San Francisco, 1999.
- McBride, N., [Rise, 1997]: The Rise and Fall of Executive Information Systems: a Case Study, in: Information Systems Journal, Band 7 (1997), Heft 4, S. 277-288.

- Meffert, H., Birkelbach, R., [Freizeitgesellschaft, 1991]: Freizeitgesellschaft und marktorientierte Unternehmensführung, in: Marketing - Zeitschrift für Planung, Band 13 (1991), Heft 4, S. 265-269.
- Melchinger, S., [Versuch, 1966]: Versuch einer Grundlegung, in: Hürlimann, M. (Hrsg.), Das Atlantisbuch des Theaters, Zürich, 1966, S. 13-50.
- Miller G. A., [Number, 1975]: The Magical Number Seven after Fifteen Years, in: Kennedy, A., Studies in Long-Term Memory, New York u.a., 1975, S. 3-18.
- Miller G. A., [Number, 1956]: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits in Our Capacity for Processing Information, in: Psychological Review, Band 63 (1956), S. 81-97.
- Mitchell, M., [Introduction, 1999]: An Introduction to Genetic Algorithms, Cambridge, 1999.
- Mödlhammer-Zöllner, J., [Inszenierung, 1985]: Inszenierung als Interpretation - Klassische Dramen im Theater der Gegenwart - Inaugural-Dissertation in der philosophischen Fakultät II (Sprach- und Literaturwissenschaften) der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Nürnberg, 1985.
- Mosch, M., [Theater, 1996]: Viel Theater um die Firma: Agentur bringt Unternehmensphilosophien auf die Bühne, in: Horizont, Band 14 (1996), Heft 29, S. 52.
- Müller-Merbach, H., [Operations, 1973]: Operations Research, 3. Auflage, München, 1973.
- Müller-Wesemann, B., Brauneck, M., [Öffentlichkeitsarbeit, 1987]: Öffentlichkeitsarbeit und Marketing am Theater, in: Internationales Theater-Institut, Zentrum Bundesrepublik Deutschland, Spezialinformation IV-VIII, Berlin, 1987.
- Nagel, K., [Nutzen, 1990]: Nutzen der Informationsverarbeitung, 2. Auflage, München/ Wien, 1990.
- Neumann, H. A., [Softwareentwicklung, 1998]: Objektorientierte Softwareentwicklung mit der Unified Modeling Language (UML), München und Wien, 1998.
- Neumann, K., Morlock, M., [Operations Research, 1993]: Operations Research, München, Wien, 1993.
- Newell, A., [Programming, 1969]: Heuristic Programming: Ill structured Problems, in: Aronofsky, J. (Hrsg.), Progress in Operations Research – Relationships between Operations Research and the Computer, Band 3, New York, 1969, S. 361 - 414.
- Nieschlag, R., Dichtl, E., Hörschgen, H., [Marketing, 1997]: Marketing, 18. Aufl., Berlin, 1997.
- Nissen, V., Propach, J., [Functions, 1998]: Noisy and Non-Stationary Objective Functions - Optimization with Noisy Function Evaluations, in: Lecture Notes in Computer Science, Berlin u.a., Band 1498 (1998), S. 159-168.

- Nissen, V., [Einführung, 1997]: Einführung in evolutionäre Algorithmen – Optimierung nach dem Vorbild der Natur, Braunschweig, 1997.
- Nissen, V., [Algorithmen, 1994]: Evolutionäre Algorithmen – Darstellung, Beispiele, betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten, Wiesbaden, 1994.
- Obayashi, S., [Algorithm, 1997]: Pareto Genetic Algorithm for Aerodynamic Design Using the Navier Stokes Equations, in: Quagliarella, D., Périaux, J., Poloni, C., Winter, G. (Hrsg.), Genetic Algorithms and Evolution Strategies in Engineering and Computer Science, Recent Advances and Industrial Applications, West Sussex, 1997, S. 245-266.
- Oesterreich, B., [Softwareentwicklung, 2001]: Objektorientierte Softwareentwicklung - Analyse und Design mit der Unified Modeling Language, 5. Auflage, München und Wien, 2001.
- Ohne Verfasser, [Tagungsprogramm, 2002]: Tagungsprogramm der Seventh International Conference on Parallel Problem Solving from Nature (PPSN VII) Granada, 2002, unter: <http://ppsn2002.ugr.es/workshops.shtml>, abgerufen am 19. 2. 2002.
- Ohne Verfasser, [Grundgesetz, 2001]: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, zuletzt geändert am 26. 11. 2001 gemäß dem Bundesministerium der Justiz: <http://jurcom5.juris.de/bundesrecht/gg/>, abgerufen am 19. 2. 2002.
- Ohne Verfasser, [Gesetz, 1997]: Gesetz über die Grundsätze des Haushaltsrechts des Bundes und der Länder (Haushaltsgrundsätzegesetz - HGrG), vom 19. August 1969 (BGBl. I 1969 S. 1273), in der Fassung einschließlich der Änderung durch das Gesetz zur Fortentwicklung des Haushaltsrechts von Bund und Ländern (Haushaltsrechts-Fortentwicklungsgesetz), vom 22.12.1997, gemäß Bundesgesetzblatt I 1997 S. 3251: <http://www.lrh-mv.de/Informationen/Gesetze/HGrG.htm>.
- Ohne Verfasser, [Vertrag, 1990]: Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen demokratischen Republik über die Herstellung der Einheit Deutschlands - Einigungsvertrag, vom 31. August 1990, gemäß Bundesgesetzblatt 1990 II, S. 885: <http://www.bpb.de/pdf/einigungsvertrag.pdf>, abgerufen am 19. 2. 2002.
- Ohne Verfasser, [Kunst, 1995]: Kunst, in: Brockhaus GmbH, dtv Lexikon, Band 10, Mannheim, München, 1995, S. 189.
- Ohne Verfasser, [Krise, 1995]: Krise, in: Brockhaus GmbH, dtv Lexikon, Band 10, Mannheim, München, 1995, S. 159.
- Olsen, D. R., [Interfaces, 1998]: Developing User Interfaces, San Francisco, 1998.

- OMG (Hrsg.), [Language, 2001]: OMG Unified Modeling Language Specification - Version 1.4 September 2001, gemäß:
<http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/01-09-67>,
abgerufen am 13. 3. 2002.
- Opaschowski, H. W., [Freizeit, 1993]: Freizeit und Lebensqualität - Perspektiven für Deutschland vom BAT Freizeit-Forschungsinstitut, Schriftenreihe zur Freizeitforschung, Band 11, Hamburg, 1993.
- Ossadnik, W., [System, 1989]: Das System der Haushaltsplanung und -abrechnung im Spannungsfeld zwischen trägerbezogenem Implementierungsanspruch und dezentralem Eigensteuerungsbedarf, Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, Band 41 (1989), Heft 6, S. 509-519.
- Ossadnik, W., [Theatermanagement, 1987]: Theatermanagement mittels Controlling, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 10 (1987), Heft 2, S. 145-157.
- Ossadnik, W., [Rahmenbedingungen, 1987]: Rahmenbedingungen und Effizienzprobleme öffentlicher Theater, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, Heft 3, Band 39 (1987), S. 275-287.
- Ossadnik, W., Hoffmann, A., [Rechnungswesen, 1984]: Rechnungswesen öffentlicher Theater unter besonderer Berücksichtigung von Kostenrechnungen, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 7 (1984), Heft 4, S. 439-466.
- Osyczka, A., [Algorithms, 2002]: Evolutionary Algorithms for Single and Multicriteria Design Optimization, Heidelberg, 2002.
- Pareto, V., [Cours, 1896]: Cours d'Economie Politique, volume I et II, Lausanne, 1896.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., Johnson, E. J., Luce, M. F., [Information, 1995]: An Information Processing Perspective on Choice: in Busemeyer, J., Medin, D. L., Hastie, R., Decision Making from a Cognitive Perspective, San Diego u.a., 1995, S. 137-176.
- Penne, L., Shanahan, J. L., [Role, 1987]: The Role of the Arts in State and Local Economic Development, Denver, Washington, , 1987.
- Picot, A., Reichwald, R., Wigand, R. T., [Unternehmung, 2001]: Die grenzenlose Unternehmung - Information, Organisation und Management, 4. Auflage, Wiesbaden, 2001.
- Piscator, E., [Theater, 1978]: Es gibt kein Theater ohne Publikum, in: Popp, H (Hrsg.), Theater und Publikum, München, 1978, S. 31-34.
- Pohlheim, H., [Algorithmen, 2000]: Evolutionäre Algorithmen: Verfahren, Operatoren und Hinweise für die Praxis, Berlin u.a., 2000.

- Pommerehne, W. W., [Opernfestspiele, 1992]: Opernfestspiele - Ein Fall für öffentliche Subvention, in Tietzel, M. (Hrsg.): Kunst und Ökonomie, Homo Oeconomicus, Band IX (2), München, 1992, S. 229-262.
- Poon, P., Wagner, C., [Success, 2001]: Critical Success Factors Revisited: Success and Failure Cases of Information Systems for Senior Executives, in: Decision Support Systems: Band 30 (2001), Heft 4, S. 393-418.
- Porter, M. E., [Wettbewerbsvorteile, 2000]: Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen erreichen und behaupten, 6. Aufl., Frankfurt/ Main u.a., 2000.
- Porter, M. E., [Wettbewerbsstrategie, 1999]: Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten, 10. durchgesehene und erweiterte Auflage, Frankfurt/ Main u.a., 1999.
- Prahalad, C. K., Hamel, G., [Competence, 1990]: The Core Competence of the Corporation, in: Harvard Business Review, Band 68 (1990), Nr. 3, S. 79-91.
- Pröhl, M. (Hrsg.), [Strukturen, 1995]: Wirkungsvolle Strukturen im Kulturbereich - Zwischenbericht zum Städtevergleich der Theater der Städte Bielfeld, Dortmund, Mannheim, Münster und Wuppertal, Gütersloh, 1995.
- Pröhl, M. (Hrsg.), [Strukturen, 1997]: Wirkungsvolle Strukturen im Kulturbereich - Zwischenbericht zum Städtevergleich der Kulturämter, Gütersloh, 1997.
- Quagliarella, D., Vicini, A., [Algorithms, 1997]: Coupling Genetic Algorithms and Gradient Based Optimization Techniques, in: Quagliarella, D., Périaux, J., Poloni, C., Winter, G. (Hrsg.), Genetic Algorithms and Evolution Strategies in Engineering and Computer Science, Recent Advances and Industrial Applications, West Sussex, 1997, S. 289-309.
- Rainer, K. R., Watson, H. J., [Keys, 1995]: The Keys to Executive Information Systems Success, in: Journal of Management Information Systems, Band 12 (1995), Heft 2, S. 83-98.
- Rechenberg, I., [Evolutionsstrategie, 1990]: Evolutionsstrategie: Optimierung nach Prinzipien der Biologischen Evolution, in: Albertz, J. (Hrsg.), Evolution und Evolutionsstrategien in Biologie, Technik und Gesellschaft, 2. Auflage, Wiesbaden, 1990, S. 25-72.
- Rechenberg, I., [Evolutionsstrategie, 1973]: Evolutionsstrategie, Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution, Stuttgart, 1973.
- Reichmann, T., [Controlling, 2001]: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten: Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption, 6. überarbeitete und erweiterte Auflage, München, 2001.
- Revermann, K. H., [Theater, 1985]: Theater zwischen Kunst und Kasse, Wuppertal, 1994.

- Richardson, J. T., Palmer, M. R., Liepins, G., Hilliard, M., [Guidelines, 1989]: Some Guidelines for Genetic Algorithms with Penalty Functions, in: Schaffer, J. D. (Hrsg.), Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, San Mateo, S. 191-197.
- Ritzel, B. J., Eheart, J. W., Ranjithan, S., [Algorithms, 1994]: Using Genetic Algorithms to Solve a Multiple Objective Groundwater Pollution Containment Problem, in: Water Resources Research, Band 30 (1994), Heft 5, S. 1589-1603.
- Rockart, J. F., De Long, D. W., [Systems, 1988]: Executive Support Systems – The Emergence of Top Management Computer Use, Homewood, 1988.
- Rödl & Partner PMC (Hrsg.), [Studie, 1996]: Studie zur wirtschaftlichen Situation öffentlicher Theater, Nürnberg, 1996.
- Röger, H. H., [Handbuch, 2001]: Handbuch Theatermanagement: Betriebsführung, Finanzen, Legitimation und Alternativenmodelle, Köln, 2001.
- Roseman, M. A., Gero, J. S., [Set, 1985]: Reducing the Pareto Optimal Set in Multicriteria Optimization, in: Engineering Optimization, Band 8 (1985), S. 189-206.
- Rudolph, A., [Prognoseverfahren, 1998]: Prognoseverfahren in der Praxis, Heidelberg, 1998.
- Rudolf, G., [Algorithm, 1998]: On a Multi-Objective Evolutionary Algorithm and its Convergence to the Pareto Set, in: Proceedings of the 5th IEEE Conference on Evolutionary Computation, IEEE Press, Piscataway (NJ), 1998, S. 511-516.
- Ruzicka, P., [Musiktheater, 1994]: Musiktheater, in: Rauhe, H., Demmer, C. (Hrsg.), Kulturmanagement - Theorie und Praxis einer professionellen Kunst, Berlin, 1994, S. 255-269.
- Sandberg, B., [Marktsegmentierung, 1995]: Mikrogeographische Marktsegmentierung in öffentlichen Betrieben und Verwaltungen, Wiesbaden, 1995.
- Sandgren, E., [Design, 1994]: Multicriteria Design Optimization by Goal Programming, in: Adeli, H. (Hrsg.), Advances in Design Optimization, London, 1994, S. 225-265.
- Sandhack, M., [Spielplan, 1992]: Spielplan, in: Brauneck, M., Schneilin, G. (Hrsg.), Theaterlexikon - Begriffe und Epochen, Bühnen und Ensembles, 3. vollst. überarbeitete und erweiterte Neuauflage, Hamburg, 1992, S. 868-869.
- Schaffer, J. D., [Optimization, 1985]: Multiple Objective Optimization with Vector Evaluated Genetic Algorithms, in: Grefenstette, J., Genetic Algorithms and their Applications: Proceedings of the First International Conference on Genetic Algorithms, Hillsdale, 1985, S. 93-100.
- Schitthelm, J., [ohne Titel, 1997]: ohne Titel, in: Die Deutsche Bühne, Band 68 (1997), Heft 5, S. 31-32.

- Schmidt, G., [Methoden, 1989]: Methoden und Techniken der Organisation, 8. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage, Gießen, 1989.
- Schmidt, T. E., [Theater, 1995]: Sechs Thesen zum deutschen Theater, in Iden, P. (Hrsg.), Warum wir das Theater brauchen, Frankfurt am Main, 1995, S. 10-14.
- Schmidt-Bleibtreu, B., Klein, F., [Kommentar, 1999]: Kommentar zum Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, 9. Auflage, Neuwied, Darmstadt, 1999.
- Schmitz-Gielsdorf, U., [Tarifsystem, 1994]: Tarifsystem der Bühnen - Stütze oder Krücke der Theater?, in: der Städtetag, Band 47 (1994), Nr. 2, S. 72-78.
- Schneeweiß, C., [Elemente, 1994]: Elemente einer Theorie hierarchischer Planung, in: OR-Spektrum, Band 16 (1994), Heft 2, S. 161-168.
- Schneeweiß, C., [Planung, 1992]: Planung: 2 – Konzepte der Prozeß- und Modellgestaltung, Berlin u.a., 1992.
- Schneeweiß, C., [Planung, 1991]: Planung: 1 – Systemanalytische und entscheidungstheoretische Grundlagen, Berlin u.a., 1991.
- Schneidewind, P., [Entwicklung, 2000]: Entwicklung eines Theater-Managementunterstützungssystems, Frankfurt am Main u.a., 2000.
- Schoenauer, M., Deb, K., Rudolph, G., Yao, X., Lutton, E., Merelo, J. J., Schwefel, H.-P. (Hrsg.), [Problem, 2001]: Parallel Problem Solving from Nature - PPSN VI, PPSN Proceedings of the 6th International Conference in Paris, France, Lecture Notes in Computer Science 1917, Berlin u.a., 2001.
- Schoenmakers, H., [Inszenierungsanalyse, 1992]: Inszenierungsanalyse, in: Brauneck, M., Schneilin, G. (Hrsg.), Theater-Lexikon - Begriffe und Epochen, Bühnen und Ensembles (Rowohlt's Enzyklopädie), 3. Auflage, Reinbeck, 1992, S. 444-449.
- Schöneburg, E., Heinzmann, F., Feddersen, S., [Algorithmen, 1994]: Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien - eine Einführung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution, Bonn u.a., 1994.
- Schuchardt, H., [GmbH, 1997]: Die GmbH: das Allheilmittel? in: Die Deutsche Bühne, Band 68 (1997), Heft 2, S. 28-30.
- Schumann, J., [Grundzüge, 1992]: Grundzüge der mikroökonomischen Theorie, 7. Auflage, Berlin u.a., 1999.
- Schütz, J., [Theater, 1995]: Welches Theater - das ist die Frage, in: Iden, P. (Hrsg.), Warum wir das Theater brauchen, Frankfurt, 1995, S. 31-37.
- Schwarz, N., [Emotion, 2000]: Emotion, Cognition, and Decision Making, in: Cognition and Emotion, Band 14 (2000), Heft 4, S. 433-440.

- Schwefel, H.-P. [Evolution, 1995]: Evolution and Optimum Seeking, New York, 1995.
- Schwefel, H.-P., [Optimization, 1981]: Numerical Optimization of Computer Models, Chichester, 1981.
- Schweitzer, M., [Planung, 2001]: Planung und Steuerung, in: Bea, F. X., Dichtl, E, Schweitzer, M. (Hrsg.), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Band 2: Führung, 8. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, 2001, S. 16-126.
- Schweitzer, M., [Gegenstand, 2000]: Gegenstand und Methoden der Betriebswirtschaftslehre, in: Bea, F. X., Dichtl, E, Schweitzer, M. (Hrsg.), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Band 1: Grundfragen, 8. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, 2000, S. 23-79.
- Schweitzer, M., [Fertigungswirtschaft, 1994]: Industrielle Fertigungswirtschaft. in: Schweitzer, M. (Hrsg.), Industriebetriebslehre, Zweite Auflage, München, 1994, S. 569-746.
- Shafir, E., [Compatibility, 1995]: Compatibility in Cognition and Decision: in Busemeyer, J., Medin, D. L., Hastie, R., Decision Making from a Cognitive Perspective, San Diego u.a., 1995, S. 247-274.
- Siebenhaar, K., [ohne Titel, 1997]: ohne Titel, in: Die Deutsche Bühne, Band 68 (1997), Heft 5, S. 33-34.
- Siede-Hiller, C., [Kunstfreiheit, 1981]: Zwischen Kunstfreiheit und Kontrolle - Strukturprobleme öffentlicher Theater am Beispiel eines Staatstheaters, Frankfurt am Main, 1981.
- Silbermann, A., [Soziologie, 1979]: Soziologie der Künste, in König, R. (Hrsg.), Handbuch der empirischen Sozialforschung Band 13: Sprache - Künste, 2. Auflage, Stuttgart, 1979, S. 117-307.
- Silbermann, A., [Kunstsoziologie, 1973]: Empirische Kunstsoziologie - eine Einführung mit kommentierter Bibliographie, Stuttgart, 1973.
- Silbermann, A., [Aspekte, 1966]: Die soziologischen Aspekte des Theaters, in: Silbermann, A. (Hrsg.), Militanter Humanismus, Festschrift für René König, Frankfurt, 1966, S. 180-183.
- Simon, H. A., [Decision Making, 1979]: Rational Decision Making in Business Organizations, in: The American Economic Review, Band 69 (1979), H. 4, S. 493-512.
- Simon, H. A., Newell, A., [Problem, 1958]: Heuristic Problem Solving - The Next Advance in Operations Research, in: Operations Research, Band 6 (1958), Heft 1, S. 1-10.
- Slavov, V., Nikolaev; N. I., [Network, 1998]: Immune Network Dynamics for Inductive Problem Solving, in: Parallel Problem Solving from Nature V, Proceedings of the 5th International Conference, Berlin, 1998, S. 712-721.

- Solf, G., [Theatersubventionierung, 1993]: Theatersubventionierung - Möglichkeiten einer Legitimation aus wirtschaftstheoretischer Sicht, Bergisch Gladbach, Köln, 1993.
- Srinivas, N., Deb, K., [Multiobjective Optimization, 1994]: Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms, in: Evolutionary Computation, Band 2 (1994), Heft 3, S. 221-248.
- Sprague, R., H., [Framework, 1993]: A Framework for the Development of Decision Support Systems, in: Sprague, R. H., Watson, H., J. (Hrsg.), Decision Support Systems - Putting Theory into Practice, 3. Auflage, Englewood Cliffs, 1993.
- Stahlknecht, P., Hasenkamp, U., [Wirtschaftsinformatik, 2002]: Einführung in die Wirtschaftsinformatik, 10. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Berlin u.a., 2002.
- Staneck-Pohl, C., [Systems, 1997]: Spezifische Executive Support Systems - Entscheidungsunterstützung bei Investitionen, Wiesbaden, 1997.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.), [Blickpunkt, 1994]: Im Blickpunkt: Kultur in Deutschland - Zahlen und Fakten, Querschnittsveröffentlichung, Wiesbaden, 1994.
- Stein, F., [Wirtschaftsplanung, 1982]: Wirtschaftsplanung und –kontrolle öffentlicher Theater in der Bundesrepublik Deutschland, Ergebnisse einer empirischen Untersuchung, Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Universität Hamburg, Hamburg, 1982.
- Stippel, P., [Volk, 1995]: Ein Volk lernt lächeln, in: Absatzwirtschaft, Band 38 (1995), Heft 2, S. 18-19.
- Sucher, C. B., [Theater, 1995]: Das Theater der achtziger und neunziger Jahre, Frankfurt am Main, 1995.
- Tamaki, H., Kita, H., Kobayashi, S., [Optimization, 1996]: Multi-Objective Optimization by Genetic Algorithms: A Review, in: Proceeding of the 1996 IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, 1996, S. 517-522.
- Tan, K. C., Li, Y., [Algorithm, 1997]: Multi-Objective Genetic Algorithm Based Time and Frequency Domain Design Unification of Linear Control Systems, Technical Report CSC-97007, Department of Electronics and Electrical Engineering, Glasgow, 1997.
- Taubmann, W., Behrens, F., [Auswirkungen, 1986]: Wirtschaftliche Auswirkungen von Kulturangeboten in Bremen, Bremen, 1986.
- Thieme, W., [Kulturverwaltungsrecht, 1994]: Kulturverwaltungsrecht, in: Rauhe, H., Demmer, C. (Hrsg.), Kulturmanagement - Theorie und Praxis einer professionellen Kunst, Berlin und New York, 1994, S. 493-504.

- Throsby, C. D., Whitters, G. A., [Economics, 1979]: The Economics of the Performing Arts, London, Melbourne, 1979.
- Valenzuela-Rendón, M., Uresti-Charre, E., [Algorithm, 1997]: A Non-Generational Genetic Algorithm for Multiobjective Optimization, in Bäck, T. (Hrsg.), Proceedings of the Seventh International Conference on Genetic Algorithm, San Mateo, 1997, S. 658-665.
- Veldhuizen van, D. A., [Algorithms, 2000]: Multiobjective Evolutionary Algorithms: Analyzing the State-of-the-Art, in: Evolutionary Computation Band 8 (2000), Heft 2, S.125-147.
- Veldhuizen van, D. A., [Algorithm, 1999]: Multiobjective Evolutionary Algorithm: Classifications, Analyses, and New Innovations, Ann Arbor, 1999.
- Wagner, B. [Theaterreform, 1994]: Theaterreform im Spiegel von Theatergutachten, in: Popp S., Wagner, B., Theater und sein Preis, Beiträge zur Theaterreform, Frankfurt am Main, 1994, S. 79-140.
- Wahl-Zieger, E., [Theater, 1978]: Theater und Orchester zwischen Marktkräften und Marktkorrektur, Göttingen, 1978.
- Waiderlich, J.-D., [Marketing, 1989]: Marketing für Theater - Erfahrungen und Beobachtungen, in: Braun, G.E., Töpfer, A. (Hrsg.), Marketing im kommunalen Bereich, Stuttgart, 1989, S. 245-260.
- Walberer, J., [Groschen, 1996]: Drei Groschen für die Oper, in: Manager Magazin, Band 26 (1996), Heft 2, S. 136-147.
- Weber, J., Schäffer, U., [Scorecard, 1998]: Balanced Scorecard - Gedanken zur Einordnung des Konzepts in das bisherige Controlling Instrumentarium, in: Zeitschrift für Planung, Band 9 (1998), Heft 4., S. 341-365.
- Weicker, K., [Algorithmen, 2002]: Evolutionäre Algorithmen, Stuttgart u.a., 2002.
- Werner, L., [Entscheidungsunterstützungssysteme, 1992]: Entscheidungsunterstützungssysteme - ein problem- und benutzerorientiertes Management-Instrument, Heidelberg, 1992.
- Wild, J., [Grundlagen, 1982]: Grundlagen der Unternehmensplanung, 4. Auflage, Opladen, 1982.
- Wilson, P. B., McLeod, M. D., [Implementation, 1993]: Low Implementation Cost IIR Digital Filter Design Using Genetic Algorithms, in: IEEE Workshop on Natural Algorithms in Signal Processing, Chelmsford, 1993, S. 4/1-4/8.
- Wöhe, G., Döring, U., [Einführung, 2000]: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 20. neubearbeitete Auflage, München, 2000.

- Yimin, C., Yixiao, W., Qibin, S., Longxiang, S., [Image, 1999]: Digital Image Compression Using a Genetic Algorithm, in: Real-Time Imaging, Band 5 (1999), Heft 6, S. 379-384.
- Zabka, T., [Leben, 1995]: Das wilde Leben der Werke, in: Zabka, T., Dresen, A. (Hrsg.), Dichter und Regisseure: Bemerkungen über das Regie-Theater, Göttingen, 1995, S. 9-57.
- Zahn, E., [Informationstechnologie, 2001]: Informationstechnologie und Informationsmanagement, in: Bea, F. X., Dichtl, E., Schweitzer, M. (Hrsg.), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Bd. 2: Führung, 8. neubearbeitete erweiterte Auflage, Stuttgart, 2001, S. 376-428.
- Zeleznikow, J., Nolan, J. R., [World, 2001]: Using Soft Computing to Build Real World Intelligent Decision Support Systems in Uncertain Domains, in: Decision Support Systems, Band 31 (2001), Heft 2, S. 263-285.
- Zimmermann, H.-J., [Soft Computing, 1997]: Soft Computing, in: Mertens, P. (Hrsg.), Lexikon der Wirtschaftsinformatik, 3. vollst. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin u.a., 1997, S. 362.
- Zimmermann, H.-J., [Fuzzy Set, 1996]: Fuzzy Set Theory and its Applications, 3. Auflage, Boston u.a., 1996.
- Zimmermann, H.-J., [Operations Research, 1992]: Operations Research – Methoden und Modelle. Für Ingenieure, Ökonomen und Informatiker, 2. überarbeitete Auflage, Braunschweig, Wiesbaden, 1992.
- Zimmermann, H.-J., Gutsche, L., [Analyse, 1991]: Multi-Criteria Analyse – Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen, Berlin u.a., 1991.
- Zimmermann, W., [Operations Research, 1999]: Operations Research - Quantitative Methoden zur Entscheidungsvorbereitung, 9. Auflage, München u.a., 1999.
- Zionts, S., [Decision, 1997]: Decision Making: Some Experiences, Myths and Observations, in: Proceedings of the 12. International Conference on Multiple Criteria Decision Making in Hagen (Germany), Berlin u.a., 1997, S. 233-241.
- Zionts, S., Wallenius, J., [Method, 1976]: An Interactive Programming Method for Solving the Multiple Criteria Problem, in: Management Science, Band 22 (1976), Heft 6, S. 519-529.
- Zitzler, E., [Test, 2001]: Test Problems for Multiobjective Optimizers, gemäß: <http://www.tik.ee.ethz.ch/~zitzler/testdata.html>, abgerufen: 21.11.2001.

- Zitzler, E., Deb, K., Thiele, L., [Comparison, 2000]: Comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms: Empirical Results, in: Evolutionary Computation, Band 8 (2000), Heft 2, S. 173-195.
- Zitzler, E., [Evolutionary Algorithms, 1999]: Evolutionary Algorithms for Multiobjective Optimization: Methods and Applications, Zürich, 1999.
- Zitzler, E., Thiele, L., [Evolutionary Algorithm, 1998]: An Evolutionary Algorithm for Multiobjective Optimization: the Strength Pareto Approach, Technical Report 43 of the Computer Engineering and Networks Laboratory of the Federal Institute of Technology (ETH) Zürich, Zürich, 1998.
- Zitzler, E., Thiele, L., [Optimization, 1998]: Multiobjective Optimization Using Evolutionary Algorithms, in: Eiben, A. E., Bäck, T., Schoenauer, M., Schwefel, H.-P. (Hrsg.), Parallel Problem Solving from Nature - PPSN V, Proceedings of the 5th International Conference, Berlin u.a., 1998, S. 292-301.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

Bisher in dieser Reihe erschienen:

- Band 1: Dr. rer. pol. Friederike Wall
Ein endbenutzerorientiertes Spezifikationswerkzeug - Möglichkeiten der Gestaltung am Beispiel der Programm-Verarbeitungs-Schnittstelle im Rahmen des Schnittstellen-Management-Systems für Klein- und Mittelbetriebe
ISBN 3-926142-12-X
- Band 2: Dr. rer. pol. Anke Schoppe
Behandlungsmöglichkeiten der Unschärfe von Daten und Relationen
ISBN 3-926142-13-8
- Band 3: Dr. rer. pol. Clemens von Trott zu Solz
Informationmanagement im Rahmen eines ganzheitlichen Konzeptes der Unternehmensführung
ISBN 3-926142-15-4
- Band 4: Dr. rer. pol. Hans-Ulrich Wandel
Expertensysteme in der strategischen Planung
ISBN 3-926142-17-0
- Band 5: Dr. rer. pol. Rainer Brockhaus
Informationsmanagement als ganzheitliche, informationsorientierte Gestaltung von Unternehmen
ISBN 3-926142-18-9
- Band 6: Dr. rer. pol. Joachim Resch
Eine Datenschnittstelle zur Integration heterogener Datenbasen in betriebliche Anwendungsprogramme
ISBN 3-926142-21-9
- Band 7: Dr. rer. pol. Ralph-Dieter Schrey
Evolution eines DV-gestützten Informations- und Kommunikationssystems zum Instrument einer ganzheitlich ausgerichteten Unternehmensführung im Industriebetrieb
ISBN 3-926142-30-8
- Band 8: Dr. rer. pol. Andreas Hassepaß
Die Eignung quantitativer Modelle und Methoden für die Tourenplanung im Kraft- und Brennstoffhandel - Entwicklung eines wissensbasierten Planungssystems unter besonderer Berücksichtigung qualitativer Aspekte
ISBN 3-926142-31-6

unitext Verlag Göttingen

Almut Heise • Berliner Str. 48 • D-37120 Bovenden

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 9: Dr. rer. pol. Dirk Fischer
Gestaltung wissensbasierter Systeme auf der Grundlage betrieblicher Entscheidungssituationen
ISBN 3-926142-35-9
- Band 10: Dr. rer. pol. Thomas Lohrbach
Einsatz von künstlichen Neuronalen Netzen für ausgewählte betriebswirtschaftliche Aufgabenstellungen und Vergleich mit konventionellen Lösungsverfahren
ISBN 3-926142-39-1
- Band 11: Dr. rer. pol. Markus Kretschmer
Die modellgestützte Entwicklung Intelligenter Tutorieller Systeme
ISBN 3-926142-40-5
- Band 12: Dr. rer. pol. Hans-Jörg Kremer
DV-Unterstützung bei der Auswahl von Standardsystemen - Konzeption und prototypische Implementierung eines Auswahlwerkzeugs am Beispiel der Personalzeitwirtschaft
ISBN 3-926142-43-X
- Band 13: Dr. rer. pol. Karl-Hermann Witte
Nutzeffekte des Einsatzes und Kosten der Entwicklung von Teachware - Empirische Untersuchung und Übertragung der Ergebnisse auf den praktischen Entwicklungsprozeß
ISBN 3-926142-44-8
- Band 14: Dr. rer. pol. Andrea Töllner
Methoden des IV-Controllings als Hilfsmittel zur Gestaltung der Informationsverarbeitung - Darstellung und Beurteilung der Instrumente an ausgewählten Beispielen
ISBN 3-926142-46-4
- Band 15: Dr. rer. pol. Ralf Retzko
Flexible Tourenplanung mit selbstorganisierenden Neuronalen Netzen
ISBN 3-926142-48-0
- Band 16: Dr. rer. pol. Wolfgang Fenske
Ganzheitlich-orientierte Entwicklung von wissensbasierten Systemen
ISBN 3-926142-50-2

unitext Verlag Göttingen

Almut Heise • Berliner Str. 48 • D-37120 Bovenden

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 17: Dr. rer. pol. Tobias Teuber
Information-Retrieval und Dokumentenmanagement in Büroinformationssystemen
ISBN 3-926142-51-0
- Band 18: Dr. rer. pol. Edda de Boer
Ein computergestütztes Informationssystem für das betriebliche Umweltcontrolling. Entwicklung einer Gesamtkonzeption und prototypische Realisierung am Beispiel eines Informationssystems zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Einsatzmaterial.
ISBN 3-926142-52-9
- Band 19: Dr. rer. pol. Jochen Kuhl
Angepaßte Fuzzy-Regelungssysteme. Entwicklung und Einsatz bei ausgewählten betriebswirtschaftlichen Problemstellungen.
ISBN 3-926142-53-7
- Band 20: Dr. rer. pol. Katja Ullrich
Konzeption eines computergestützten Informationssystems für das Weiterbildungs-Controlling.
ISBN 3-926142-54-5
- Band 21: Dr. rer. pol. Albrecht Hönerloh
Unschärfe Simulation in der Betriebswirtschaft: Modellbildung und Simulation auf der Basis der Fuzzy Set-Theorie
ISBN 3-926142-56-1
- Band 22: Dr. rer. pol. Martin Lehnert
Ansätze zum Flexibilisieren von Systemen zur elektronischen Vorgangsbearbeitung: Konzeption und prototypische Realisierung anhand ausgewählter Beispiele
ISBN 3-926142-57-X
- Band 23: Dr. rer. pol. Jörg Müller
DV-gestützte Systeme zur Kreditwürdigkeitsprüfung bei Kreditversicherungen
ISBN 3-926142-58-8

unitext Verlag Göttingen

Almut Heise • Berliner Str. 48 • D-37120 Bovenden

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 24: Dr. rer. pol. Thomas Rautenstrauch
Der Einsatz wissensbasierter Systeme in Handwerksbetrieben zum Ausgleich betriebsgrößenbedingter Nachteile
ISBN 3-926142-59-6
- Band 25: Dr. rer. pol. Stephan Klimek
Entwicklung eines Führungsleitstands als Unterstützungssystem für das Management unter besonderer Berücksichtigung des FuE-Bereichs
ISBN 3-926142-61-8
- Band 26: Dr. rer. pol. Frank Wilkes
Planung und Entwicklung eines weitgehend ganzheitlichen Informations- und Kommunikationssystems für kleinere und mittlere Industrieunternehmen auf empirischer Basis
ISBN 3-926142-62-6
- Band 27: Dr. rer. pol. Matthias Almstedt
Ganzheitliches computerbasiertes Controlling im öffentlichen Theater : Konzeption und prototypische Implementierung eines Controlling-Informationssystems auf der Basis einer Analyse des öffentlichen Theaters
ISBN 3-926142-63-4
- Band 28: Dr. rer. pol. Klaus Wolfertz
Strategieentwicklung im kommunalen Standortmarketing: Ein wissensbasiertes System zur Unterstützung der strategischen Ausrichtung des Standortmarketings von Kommunen im Rahmen ihrer Wirtschaftsförderung
ISBN 3-926142-64-2
- Band 29: Dr. rer. pol. Martin Tietze
Einsatzmöglichkeiten der Fuzzy Set-Theorie zur Modellierung von Unschärfe in Unternehmensplanspielen
ISBN 3-926142-65-0
- Band 30: Dr. rer. pol. Marie-Claire Leisewitz
Das Problem der Unschärfe in der Unternehmensbewertung: Ein Fuzzy-Expertensystem zur Findung des Grenzpreises bei Unternehmenskäufen
ISBN 3-926142-66-9

unitext Verlag Göttingen

Almut Heise • Berliner Str. 48 • D-37120 Bovenden

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 31: Dr. rer. pol. Christian Stummeyer
Integration von Simulationsmethoden und hochintegrierter betriebswirtschaftlicher PPS-Standardsoftware im Rahmen eines ganzheitlichen Entwicklungsansatzes
ISBN 3-89712-874-8
- Band 32: Dr. rer. pol. Stefan Wegert
Gestaltungsansätze zur IV-Integration von elektronischen und konventionellen Vertriebsstrukturen bei Kreditinstituten
ISBN 3-89712-924-8
- Band 33: Dr. rer. pol. Ernst von Stegmann und Stein
Ansätze zur Risikosteuerung einer Kreditversicherung unter Berücksichtigung von Unternehmensverflechtungen
ISBN 3-89873-003-4
- Band 34: Dr. rer. pol. Gerald Wissel
Konzeption eines Managementsystems für die Nutzung von internen sowie externen Wissen zur Generierung von Innovationen
ISBN 3-89873-194-4
- Band 35: Dr. rer. pol. Wolfgang Greve-Kramer
Konzeption internetbasierter Informationssysteme in Konzernen
Inhaltliche, organisatorische und technische Überlegungen zur internetbasierten Informationsverarbeitung in Konzernen
ISBN 3-89873-207-X
- Band 36: Dr. rer. pol. Tim Veil
Internes Rechnungswesen zur Unterstützung der Führung in Unternehmensnetzwerken
ISBN 3-89873-237-1
- Band 37: Dr. rer. pol. Mark Althans
Konzeption eines Vertriebscontrolling-Informationssystems für Unternehmen der liberalisierten Elektrizitätswirtschaft
ISBN 3-89873-326-2

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

