ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Spengler, Thomas

Book

Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen

Provided in Cooperation with:
Rainer Hampp Verlag

Suggested Citation: Spengler, Thomas (1999) : Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen, ISBN 3-87988-410-2, Rainer Hampp Verlag, München und Mering

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/116909

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Thomas Spengler

Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen

A 222739

Rainer Hampp Verlag

EIGENTUM
DES
INSTITUTS
FÜR
WELTWIRTSCHAFT
KIEL
BIBLIOTHEK

Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen

Thomas Spengler

Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen

A 222739

359 335 535

Rainer Hampp Verlag München und Mering 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Spengler, Thomas:
Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen / Thomas Spengler ; München ; Mering : Hampp, 1999
Zugl.: Frankfurt (Main), Univ., Habil-Schr., 1999
ISBN 3-87988-410-2

Liebe Leserinnen und Leser!
Wir wollen Ihnen ein gutes Buch liefern. Wenn Sie aus irgendwelchen Gründen nicht zufrieden sind, wenden Sie sich bitte an uns.

∞ *Dieses Buch ist auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.*

© 1999 Rainer Hampp Verlag München und Mering
Meringerzeller Str. 16 D - 86415 Mering

Internet: http://www.hampp.de

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen, Übersetzungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

für H.B. und C.G.
sowie für Tim und Oliver

Vorwort

Die strategische Personalplanung ist ein relativ junges Forschungsgebiet der Betriebswirtschaftslehre, das hinsichtlich theoretischer und methodischer Zugänge sowie konzeptioneller Reife als noch in den Kinderschuhen steckend bezeichnet werden kann. Die vorliegende Arbeit ist diesem Gebiet gewidmet und wurde im Dezember 1998 vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, als Habilitationsschrift angenommen. Mit dieser Arbeit werden Vorstellungen von der systematischen Verortung der strategischen Personalplanung innerhalb der Personalwirtschaftslehre, von ihren terminologischen und methodischen Grundlagen sowie von ihrer inhaltlichen Ausgestaltung in die wirtschaftswissenschaftliche Diskussion eingebracht. Dabei wird einer Spezifität strategischer Planungen, nämlich der Unbestimmtheit entscheidungsrelevanter Informationen, besondere Beachtung geschenkt.

An der Entstehung dieser Habilitationsschrift waren viele Personen (direkt und indirekt) beteiligt, Menschen, denen ich Dank schulde. Herr Prof. Dr. Hugo Kossbiel hat das Habilitationsprojekt in allen Phasen mit hohem Engagement begleitet. Er hat nicht nur in mir das Interesse für die Themenstellung geweckt, sondern dieses auch immer wieder aufrechterhalten, in häufigen Diskussionen den Fortgang der Arbeit gefördert und mir bei meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent die erforderlichen Freiräume gewährt. Für all dies gebührt ihm mein Dank. Ich werde an unsere lange gemeinsame Zeit an der Frankfurter Professur für Personalwirtschaft immer mit Freude, aber auch mit Wehmut zurückdenken. Neben ihm waren Herr Prof. Dr. Heinz Isermann und Herr Prof. Dr. Heinrich Rommelfanger als Gutachter im Habilitationsverfahren tätig. Auch ihnen schulde ich für die spontane Bereitschaft zur Übernahme der Gutachten sowie für ihre vielfältigen Anregungen und konstruktiven Verbesserungsvorschläge Dank.

Darüber hinaus danke ich Frau Dr. Antje Fürst-Nolte, Herrn Dr. Hagen Lindstädt, Herrn Dr. Gerhard Muche, Herrn Dr. Matthias Vieth und Herrn Prof. Dr. Herbert Woratschek, daß sie meinen totalen Rückzug in den Elfenbeinturm, der anscheinend zwangsläufig um ein solches Projekt herum zu entstehen droht, verhindert haben.

Zu Dank verpflichtet bin ich aber auch meiner Familie und meinen Freunden. Sie haben über sechs Jahre hinweg meine wechselnden Stimmungen ertragen, meine Abwesenheit toleriert, aufmunternde Worte gefunden und für die erforderliche Entspannung gesorgt.

Last but not least danke ich Herrn Dr. Rainer Hampp für die spontane Bereitschaft zur Publikation des Buches in seinem Verlag sowie für die professionelle, völlig unkomplizierte und angenehme Zusammenarbeit.

THOMAS SPENGLER

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 7
Inhaltsverzeichnis ... 9
Abbildungsverzeichnis ... 13
Tabellenverzeichnis ... 15

A. Einführung ... 17

1. Problemstellung ... 17
2. Konzeption der Untersuchung ... 18

B. Systematische Verortung der strategischen Personalplanung im personalwirtschaftlichen Problemzusammenhang ... 20

1. Vorbemerkung ... 20
2. Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns ... 21
2.1. Einführung ... 21
2.2. Personalwirtschaftliche Probleme ... 23
2.2.1. Personalwirtschaftliche Substanzziele ... 23
2.2.2. Personalwirtschaftliche Formalziele ... 27
2.3. Personalwirtschaftliche Instrumente ... 28
2.3.1. Differenzierung nach dem Problembezug ... 28
2.3.2. Differenzierung nach dem Geltungsanspruch ... 30
2.4. Personalwirtschaftliche Effekte ... 33
2.5. Personalwirtschaftliche Konditionen ... 36
2.6. Das Handlungsstrukturmodell bei sequentieller Betrachtung ... 36
3. Das Handlungsstrukturmodell als Bezugsrahmen für personalwirtschaftliche Konzeptionen ... 38
3.1. Einführung ... 38
3.2. Gestaltung personalwirtschaftlicher Sachverhalte ... 44

3.2.1. Grundlagen ... 44
3.2.2. Entscheidbarkeit von Personalproblemen ... 48
3.2.2.1. Legitimationsproblematik betrieblicher Personalentscheidungen ... 48
3.2.2.2. Meßtheoretische Überlegungen ... 53
3.2.2.3. Lösungsprozedurale Überlegungen ... 58
3.3. Erklärung personalwirtschaftlicher Sachverhalte ... 60

C. Terminologische und methodische Grundlagen der strategischen Personalplanung ... 63

1. Grundbegriffe ... 63
1.1. Strategie und strategische Planung ... 63
1.2. Personalstrategie und strategische Personalplanung ... 67

2. Anforderungen an die strategische (Personal-)Planung ... 73
2.1. Überblick ... 73
2.2. Die Bewältigung von Veränderlichkeit im Rahmen der strategischen Personalplanung ... 75
2.2.1. Grundlagen der flexiblen Planung ... 75
2.2.2. Exemplarische Verdeutlichung ... 78
2.2.3. Kritik ... 82
2.3. Die Verarbeitung vager Informationen im Rahmen der strategischen Personalplanung ... 84
2.3.1. Vorbemerkung ... 84
2.3.2. Ausgewählte Unsicherheitsmaße für klassische Ereignismengen ... 85
2.3.2.1. Basiselemente und Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie ... 85
2.3.2.1.1. Terminologische und systematische Grundlagen ... 85
2.3.2.1.1.1. Wahrscheinlichkeitsbegriffe ... 85
2.3.2.1.1.2. Kolmogoroffsche Axiome ... 87
2.3.2.1.2. Entscheidungen mit probabilistischen Daten ... 89

2.3.2.2. Basiselemente und Anwendungen der LPI-Theorie..... 91
2.3.2.2.1. Terminologische und systematische Grundlagen..... 91
2.3.2.2.2. Entscheidungen unter LPI-Bedingungen..... 99
2.3.2.2.2.1. Entscheidungsregeln..... 99
2.3.2.2.2.2. Flexible Planung bei linearer partieller Information..... 102
2.3.2.3. Basiselemente und Anwendungen der Dempster-Shafer-Theorie..... 108
2.3.2.3.1. Terminologische und systematische Grundlagen..... 108
2.3.2.3.2. Die Kombination von Evidenzquellen..... 115
2.3.2.3.3. Entscheidungen auf der Basis von Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsfunktionen... 117
2.3.2.4. Basiselemente und Anwendungen der Possibilitäts-Theorie..... 119
2.3.2.4.1. Terminologische und systematische Grundlagen..... 119
2.3.2.4.2. Entscheidungen mit possibilistischen Daten 124
2.3.2.5. Resümee: Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Unsicherheitsmaßen..... 126
2.3.3. Ausgewählte Unsicherheitsmaße für unscharfe Ereignismengen..... 128
2.3.3.1. Fuzzy-Ereignisse: Terminologische und systematische Grundlagen..... 128
2.3.3.2. Die Wahrscheinlichkeit und die Möglichkeit von Fuzzy-Ereignissen..... 133

D. Entscheidungsmodelle der strategischen Personalplanung..... 135

1. Einführung..... 135

2. Strategien zur Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen..... 136

2.1. Vorbemerkung..... 136
2.2. Formulierung eines Grundmodells..... 137
2.3. Modellkritik..... 147

3. Strategien zur Ausschöpfung von Personalpotentialitäten 148
3.1. Vorbemerkung 148
3.2. Grundmodelle 149
3.2.1. Modell I: Exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil, scharfe Daten 149
3.2.1.1. Modellformulierung 149
3.2.1.2. Beispiel 152
3.2.2. Modelle IIa und IIb: LPI-Bedingungen, scharfe Daten 157
3.2.2.1. Modellformulierung 157
3.2.2.2. Beispiel 159
3.2.3. Modell III: Exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil, unscharfe Daten 161
3.2.3.1. Modellformulierung 161
3.2.3.2. Beispiel 170
3.2.4. Modell IV: LPI-Bedingungen, unscharfe Daten 173
3.2.4.1. Modellformulierung 173
3.2.4.2. Beispiel 173
3.3. Modellkritik 175

4. Strategien zur Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen 176
4.1. Vorbemerkung 176
4.2. Grundmodelle 180
4.2.1. Grundlagen 180
4.2.2. Ein Grundmodell zur Planung von Job enrichment- und Job enlargement-Programmen 182
4.2.3. Ein Grundmodell zur Planung von Job rotation-Programmen 186
4.2.4. Ein Grundmodell zur Planung von teilautonomen und fremdkoordinierten Arbeitsgruppen 190
4.3. Modellkritik 198

E. Resümee 199

Anhang 203
Symbolverzeichnis 273
Zielfunktions- und Restriktionenverzeichnis 283
Literaturverzeichnis 293

Abbildungsverzeichnis *Seite*

Abb. 1: Handlungsstrukturmodell ... 22
Abb. 2: Personalwirtschaftliche Probleme und Probleme im personalwirtschaftlichen Vorfeld ... 27
Abb. 3: Personalwirtschaftliche Instrumente ... 29
Abb. 4: Gültigkeit von Maßnahmen ... 32
Abb. 5: Substanzielbezogene Effekte von Maßnahmen der Verhaltensbeeinflussung ... 35
Abb. 6: Ziel-Mittel-Kaskade ... 37
Abb. 7: Handlungsstrukturmodell bei sequentieller Betrachtung ... 38
Abb. 8: Covering-law-model ... 42
Abb. 9: Primäre und sekundäre Legitimationsbasen ... 51
Abb. 10: Exemplarische Differenzierungen betrieblicher Strategien ... 66
Abb. 11: Elementarkategorien personalstrategischen Handelns ... 69
Abb. 12: Personalwirtschaftliche Strategiebasen und Basisstrategien ... 70
Abb. 13: Anforderungen und Merkmale strategischer (Personal-)Planung ... 74
Abb. 14: Entscheidungsbaum bei diskreten Alternativen ... 76
Abb. 15: „Entscheidungsbaum" bei stetigen Alternativen ... 77
Abb. 16: Zustandsbaum ... 79
Abb. 17: Entscheidungsbaum ... 80
Abb. 18: Szenarien ... 84
Abb. 19: Objektive und subjektive Wahrscheinlichkeiten ... 85
Abb. 20a: $LPI(\mathbf{w}) := V^{(2)}$ ... 93
Abb. 20b: $LPI(\mathbf{w}) := (w_1 \geq w_2)$ ... 93
Abb. 21: Baryzentrisches Dreieck ... 94
Abb. 22: Beispiel einer $LPI(\mathbf{w})$ im baryzentrischen Dreieck ... 94
Abb. 23: Beispiel einer $LPI(\mathbf{w})$ im baryzentrischen Dreieck ... 95
Abb. 24: Baryzentrum im Fall J=3 ... 95
Abb. 25: Zustandsbaum bei LPI ... 102

Abb. 26: Entscheidungsbaum bei LPI 103
Abb. 27: Indikatoren 109
Abb. 28: Indikatoren 110
Abb. 29: Bausteine des Shaferschen Ansatzes 111
Abb. 30: Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade 115
Abb. 31: Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade 117
Abb. 32: Zusammenhänge zwischen Unschärfe-Maßen 128
Abb. 33: Formen der Unbestimmtheit, Fuzzy-Theorien und deren Anwendungsgebiete 130
Abb. 34: Zugehörigkeitsfunktion 131
Abb. 35a: Zugehörigkeitsfunktion einer LR-Fuzzy-Zahl $\widetilde{Z} = (m, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ 132
Abb. 35b: Zugehörigkeitsfunktion eines LR-Fuzzy-Intervalls $\widetilde{I} = (m_1, m_2, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ 132
Abb. 36: Beispiel für die Indexmengen L_q, Q_l, R_q, Q_r, L_r und R_l 142
Abb. 37: Zustandsbaum 153
Abb. 38: Optimallösung 155
Abb. 39: Zustandsbaum mit Intervallwahrscheinlichkeiten 159
Abb. 40: Optimallösung der Modelle IIa und IIb 160
Abb. 40a: Graph der Zugehörigkeitsfunktion *(R.24)* 169
Abb. 41: Optimallösung 172
Abb. 42: Optimallösung 175
Abb. 43: Grundsätze der Aufgabengestaltung 178
Abb. 44: Aufgabengestaltungsansatz 179
Abb. 45: Moderne Grundsätze der Arbeitsgestaltung und Kerndimensionen von Aufgaben 180
Abb. 46: Wesentliche Modellelemente der strategischen Stellen- und Personalplanung 181
Abb. 47: Spezifika des strategischen Umfeldes, Erfordernisse und Methoden der strategischen Planung 201

Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1: Beispiele personalwirtschaftlicher Effekte 34
Tab. 2: Explanans und Explanandum bei verschiedenen Wissenschaftszielen 43
Tab. 3: Beziehungen zwischen primären Legitimationsbasen betrieblicher Entscheidungen 49
Tab. 4: Entscheidungsmatrix 81
Tab. 5: Entscheidungsmatrix bei lienarer partieller Information 100
Tab. 6: Entscheidungsmatrix bei LPI 105
Tab. 7: Massezahlen 116
Tab. 8: Possibilitätsverteilung 121
Tab. 9: Possibilitätsmaß 121
Tab. 10: Possibilitäts- und Nezessitätsmaß 122
Tab. 11: Entscheidungsmatrix 125
Tab. 12: $\pi(x)$, $Prob(x)$ und Zugehörigkeitswerte 134
Tab. 13: Nachfragemengen 153
Tab. 14: Arbeitskoeffizienten und Deckungsbeiträge 154
Tab. 15: Bereitstellungsspektren, Gehaltskosten und Anfangsausstattung mit Personal 154
Tab. 16: Variablenausprägungen und Nettoerfolge bei starrer Planung 156
Tab. 17: Nettoerfolge und Erwartungswerte bei starrer und flexibler Planung 157
Tab. 18: Nettoerfolge und Erwartungswerte von Mindest- und „Durchschnitts"-Nettoerfolgen bei starrer und flexibler Planung 161
Tab. 19: Unscharfe Personalbedarfskoeffizienten und unscharfe Deckungsbeiträge 171
Tab. 20: Unscharfe Gehalts- und Schulungskostensätze 171
Tab. 21: Unscharfe Nachfragemengen $\tilde{X}_{kj}^{max}$ 171
Tab. 22a: Aufgabenspektren 185
Tab. 22b: Aufgabenspektren bei job enlargement 185

A. Einführung

1. Problemstellung

Seit einigen Jahren wird verstärkt auf eine stark zunehmende Komplexität, Kontingenz und (vor allem) Dynamik der betrieblichen Umwelt hingewiesen, die sich u.a. in Globalisierungstendenzen der Wirtschaft, in einer rasanten Entwicklung des technischen Fortschritts sowie in Umwälzungen hinsichtlich politisch-rechtlicher und soziokultureller Rahmenbedingungen äußern. Ob gegenüber früheren Zeiträumen tatsächlich eine *starke* Zunahme dieser Tendenzen zu verzeichnen ist, sei zwar dahingestellt. Wichtig ist uns jedoch die von der Wissenschaft ausgesprochene Empfehlung, den mit solchen Entwicklungen einhergehenden Umweltturbulenzen durch strategische Planung zu begegnen[1], damit sich der Betrieb frühzeitig auf alternative Szenarien vorbereiten, wesentliche Chancen nutzen sowie Bedrohungen abwenden und Zukunft aktiv gestalten kann. Dabei geht es uns in der vorliegenden Arbeit nicht (vordergründig) um die strategische Planung im allgemeinen, sondern um die personalwirtschaftlichen Effekte der eingangs skizzierten Konditionen und somit um die strategische *Personal*planung im besonderen.[2]

Sowohl die strategische Planung als auch die Personalwirtschaftslehre sind als relativ junge Teilgebiete der Betriebswirtschaftslehre zu bezeichnen, so daß es nicht verwunderlich stimmt, wenn die aus deren Kombination entstehende strategische Personalplanung noch nicht als theoretisch bzw. konzeptionell in besonderem Maße gereift bezeichnet werden kann. Im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen somit Fragen nach

- der systematischen Verortung des strategischen Personalplanung innerhalb der Personalwirtschaftslehre (Kap. B.),
- ihren terminologischen und methodischen Grundlagen (Kap. C)
- sowie ihrer inhaltlichen Ausgestaltung (Kap. D.).

Aufgrund des hohen Maßes an Verbundenheit mit der Mutterdisziplin, der (entscheidungsorientierten) Betriebswirtschaftslehre, dienen die Ausführungen im Kern der Analyse dessen, was eine strategische Personalplanung bedeutet, deren Ziel in der Generierung und Evaluierung ökonomisch legitimierbarer Personalstrategien liegt. Die Literatur zur strategischen Personalplanung bzw. zum strategischen Personalmanagement ist zwar durchaus äußerst umfangreich und vielfältig, sie beschäftigt sich u. E. jedoch – trotz aller Vielfalt – im wesentlichen mit konzeptionellen Grundlagen

---

[1] Vgl. z.B. Albach (1978), Ansoff (1976), Kreikebaum (1991, S. 28 ff.), Müller-Merbach (1976), Oechsler (1984), Röthig (1982, S. 68 ff.). Kritisch äußert sich Schreyögg (1984, S. 72 ff.).

[2] Vgl. z.B. Nienhüser (1989), Thiess/Jacobs (1987, S. 467) sowie Weber (1989, S. 7 ff.). Lt. Ergebnisbericht zum Cranfield Project on International Strategic Human Resource Management in Europa zählen u.a. „Personalentwicklung, Effektivität und Produktivität" zu den aktuell „größten Herausforderungen an das Personalmanagement" [Weber/Kabst (1996, S. 15)].

zum einen und mit der Analyse des strategischen Umfeldes zum anderen. Die Generierung und (ökonomische) Evaluation von Personalstrategien wird relativ selten bzw. unter Rückgriff auf äußerst einfache – nämlich oft auf dem Portfolio-Konzept basierende – Methoden thematisiert.[3] Da man jedoch mit relativ „groben" Kategorien arbeitenden Methoden keine „hoch" differenzierten Aussagen über die ökonomische Vorteilhaftigkeit alternativer Strategien ableiten kann, werden in der vorliegenden Arbeit lineare bzw. gemischt-ganzzahlige Entscheidungsmodelle zur strategischen Personalplanung konzipiert, die das genannte Differenzierungsdefizit vermeiden können und die den folgenden Anforderungen möglichst genügen:

1. Planung kann – in Anlehnung an Schweitzer[4] - u.a. als informationsverarbeitender Prozeß angesehen werden. Die im strategischen Kontext verfügbaren Informationen sind jedoch vielfach äußerst vage, z.B. wenn man für die Zukunft eine „relativ gute" Gewinnentwicklung oder eine „mittelmäßige" Mobilitätsbereitschaft der Mitarbeiter vermutet. In Entscheidungsmodellen der strategischen Personalplanung müssen somit vage (unsichere und unscharfe) Informationen[5] verarbeitet werden.[6]
2. Neben der Kontingenzproblematik spielt, wie bereits eingangs erwähnt, Veränderlichkeit eine besondere Rolle im Prozeß strategischer (Personal-) Planung. Der Betrieb sollte sich frühzeitig auf Umweltänderungen einstellen, um gravierende Überraschungen vermeiden bzw. diese bewältigen zu können. Dies bedeutet, daß (robuste) Strategien nach dem Eventualplanprinzip zu formulieren sind, so daß die entsprechenden Entscheidungsmodelle flexible Pläne generieren müssen.
3. Das dritte eingangs angeführte Spezifikum im strategischen Kontext ist die besondere Rolle von Komplexität. Wir werden sehen, daß strategische (Personal-) Planungen in „angemessenem" Umfang Komplexität zu berücksichtigen haben. Dies bedeutet, daß die korrespondierenden Entscheidungsmodelle (relativ) komplexe Datenszenarien verarbeiten und (relativ) differenzierte Strategiealternativen bearbeiten sollen.

2. Konzeption der Untersuchung

Da, wie bereits oben geschildert, die Personalwirtschaftslehre und die strategische (Personal-)Planung als relativ junge Teilgebiete der Betriebswirtschaftslehre anzusehen und die einschlägige Literatur als umfangreich und heterogen einzustufen sind, verorten wir zunächst (in Kap. B.) die strategische Personalplanung – unter Bezug-

[3] Vgl. z.B. die Überblicksdarstellung von Elšik (1992).
[4] Vgl. Schweitzer (1987, S. 11).
[5] Wir interpretieren Informationen als „zweckorientiertes Wissen" [Wittmann (1959)]. Vgl. auch Gemünden (1993).
[6] Vgl. auch Courtney et al. (1997).

nahme auf ein Handlungsstrukturmodell - im personalwirtschaftlichen Problemzusammenhang. Des weiteren werden auf der Basis wissenschaftstheoretischer Überlegungen zwei Hauptströmungen der Personalwirtschaftslehre – nämlich die explikative und die entscheidungsorientierte – charakterisiert und abgeleitet, daß die strategische Personalplanung im Bereich der letztgenannten Ausrichtung anzusiedeln ist. Dabei kommt es uns vor allem auch auf den Aspekt der Entscheidbarkeit von Personalproblemen an, der für die Generierung, Bewertung und Auswahl alternativer Personalstrategien besondere Relevanz besitzt.

Im Anschluß an die systematische Verortung der strategischen Personalplanung können wir ihre terminologischen und methodischen Grundlagen thematisieren (Kap. C.). Aufbauend auf einer Explikation der relevanten Grundbegriffe werden (insges.) acht Basisstrategien entfaltet. Außerdem thematisieren wir die aus der genannten Spezifität von Komplexität, Kontingenz und Dynamik folgenden Anforderungen an strategische (Personal-)Planungen und leiten zum einen ab, daß diese auf dem Prinzip flexibler Planung basieren sollen. Zum anderen werden verschiedene Unsicherheitsmaße für klassische und unscharfe Ereignismengen dargestellt sowie die Möglichkeiten und Grenzen ihrer Berücksichtigung in Entscheidungsmodellen diskutiert.

Auf diesen (konzeptionellen) Vorüberlegungen aufbauend formulieren wir (in Kap. D.) Entscheidungsmodelle der strategischen Personalplanung, die sich auf eine modelltheoretische Analyse von drei (der acht in Kap. C. genannten) Basisstrategien beziehen, die auf dem Prinzip der flexiblen Planung basieren und bei denen die vorab thematisierten Fuzzy-Mengen sowie ausgewählte Fuzzy-Maße in Ansatz gebracht werden.[7]

Die Arbeit endet mit einem kurzen Resümee (Kap. E.).

[7] Ergänzend zu den allgemeinen Modellformulierungen werden einige Modelle mit Beispielen illustriert. Diese sind im Textteil (mit Verweis auf den jeweiligen Anhang) dargestellt. Darüber hinaus verweisen wir zum Zwecke leichteren Lesens auf das Symbol- (S. 273 ff.) sowie auf das Zielfunktions- und Restriktionenverzeichnis (S. 283 ff.).

B. Systematische Verortung der strategischen Personalplanung im personalwirtschaftlichen Problemzusammenhang

1. Vorbemerkung

Wenngleich die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Produktionsfaktor „menschliche Arbeitskraft" bereits in den Anfängen der Betriebswirtschaftslehre begonnen wurde, so kann die Personalwirtschaftslehre trotzdem als relativ junge Disziplin bezeichnet werden[8], denn die Etablierung des Fachs als Spezielle Betriebswirtschaftslehre erfolgte in Deutschland erst Anfang der 1960er Jahre. Damals wurde an der Universität Mannheim der erste Lehrstuhl für „Arbeitswissenschaft und Personalwesen" gegründet und von August Marx übernommen.[9] 1971 wurde die ökonomische Ausrichtung des noch jungen Fachs durch Gründung des ersten Ordinariats für „Personalwirtschaftslehre"[10] an der Universität Hamburg unterstrichen. Mittlerweile existieren an deutschsprachigen Hochschulen insgesamt ca. 58 Professuren, die sich in Allein-, Erst- oder Zweitausrichtung mit personalwirtschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen.[11]

Für junge wie für etablierte Disziplinen ist es wichtig, daß die Fachvertreter von Zeit zu Zeit ihr Wissenschaftsprogramm hinsichtlich des Kriteriums der Angemessenheit zur Diskussion stellen und damit einer retro- und prospektiven Kritik unterziehen. Dies geschieht auch in der Personalwirtschaftslehre. Verfolgt man die einschlägige Diskussion, so hat man jedoch den Eindruck, daß das, was vor Jahren für die betriebswirtschaftliche Unternehmensbewertung konstatiert wurde, nämlich daß die geführten „[...] Auseinandersetzungen [...] gelegentlich nicht nur mit dem Florett ausgetragen wurden"[12], auch für personalwirtschaftliche Dispute gilt.

Wir wollen hier unsere Auffassung von den notwendigen Problem- und Objektbereichen der Personalwirtschaftslehre aufzeigen und dabei beachten, daß Freiheit von Lehre und Forschung der einzige Garant wissenschaftlichen Fortschritts darstellt und insofern Toleranz geboten erscheint.[13] Unter Beachtung des Popperschen Falsifikationstheorems[14] kann niemand von sich behaupten, das (einzig) wahre Konzept der Per-

---

[8] Vgl. z.B. Gaugler (1982, S. 285 ff.), Schanz (1993, S. 40 ff.), Staehle/Karg (1981) sowie Wunderer (1983, S. 217-221). Bereits im Jahre 1947 konstatierte Schmalenbach (1947, S. 4), „[...] daß der betriebliche[n] Personalwirtschaft [...] unter den 'speziellen Betriebswirtschaften' [...] ein Platz einzuräumen ist [...]".

[9] In der Literatur werden 1961 [vgl. Wächter (1981, S. 471); Wunderer (1983, S. 220)] und 1963 [vgl. Drumm (1993, S. 678)] als Gründungsjahre angegeben.

[10] Kritische Auseinandersetzungen mit dem Begriff „Personalwirtschaft" finden sich z.B. bei Wächter (1992, S. 316 f.) sowie bei Staehle/Karg (1981, S. 85).

[11] Vgl. Gaugler/Schneider (1997, S. 785); die Angaben beziehen sich auf das Jahr 1995.

[12] Moxter (1983, S. 1).

[13] ähnlich: Schanz (1993, S. 30).

[14] Vgl. z.B. Popper (1994, *passim*); Popper (1972, S. 56 f.).

sonalwirtschaftslehre zu kennen oder *die* personalwirtschaftliche Supertheorie entwickelt zu haben. Für die Forscher wäre dies, da die Disziplin dann an ihrem Ende angelangt wäre, ohnehin kein wünschenswerter Zustand[15]. Die nachfolgende Skizze unserer Auffassung von Personalwirtschaftslehre ist deshalb derart konzipiert, daß die Grenzen zu anderen - nicht zur Personalwirtschaftslehre zu rechnenden - Disziplinen möglichst weit abgesteckt aber klar gezogen werden.

2. Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns

2.1. Einführung

Von Kossbiel[16] wurde ein Handlungsstrukturmodell in die Literatur eingeführt, das in der Tradition der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre stehend, die Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns und deren (Inter-) Dependenzen thematisiert. Diesen Elementarkategorien und den auf ihnen definierten Abhängigkeitsstrukturen gilt das Erkenntnisinteresse der Personalwirtschaftslehre. Um dies zu verdeutlichen, wollen wir das Modell zunächst in der gebotenen Kürze darstellen.

Das Modell identifiziert personalwirtschaftliche Konditionen, Probleme, Instrumente sowie Effekte als Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns und thematisiert die zwischen ihnen existierenden Interdependenzen, zu denen insbes. Kausalitäts- sowie (die aus der Äquifinalität[17] von Instrumenten resultierenden) Selektivitätszusammenhänge zählen *(vgl. Abb. 1)*.[18]

---

[15] „Die Aussage, die Wissenschaft strebe nach Wahrheitsähnlichkeit hat einen beträchtlichen Vorteil vor der vielleicht einfacheren Formulierung, die Wissenschaft strebe nach der Wahrheit. Diese könnte den Eindruck erwecken, das Ziel sei vollständig erreicht, wenn man die unbezweifelbare Wahrheit ausspricht, daß alle Tische Tische sind oder daß 1+1=2. Offenbar sind diese Aussagen beide wahr. Ebenso offensichtlich können beide nicht als irgendwie wissenschaftliche Leistung angesehen werden." [Popper 1994, S. 58].

[16] Vgl. Kossbiel (1983).

[17] Vgl. Bertalanffy (1972, S. 39 ff.).

[18] Vgl. auch Mag (1988), der ökonomisches Denken als Denken in Mängeln, Alternativen, Restriktionen, Input-Output-Relationen und Änderungen charakterisiert sowie Kubicek (1975, S. 13 ff.), der ein ähnliches Modell für den Bereich organisatorischer Gestaltung formuliert. Vgl. des weiteren Kossbiel/Spengler (1997, S. 52 ff.). Vgl. ferner die exemplarischen Erläuterungen zu potentiellen Beziehungen zwischen Konditionen, Zielen und Instrumenten bei Eisenführ/Weber (1994, S. 32 ff.).

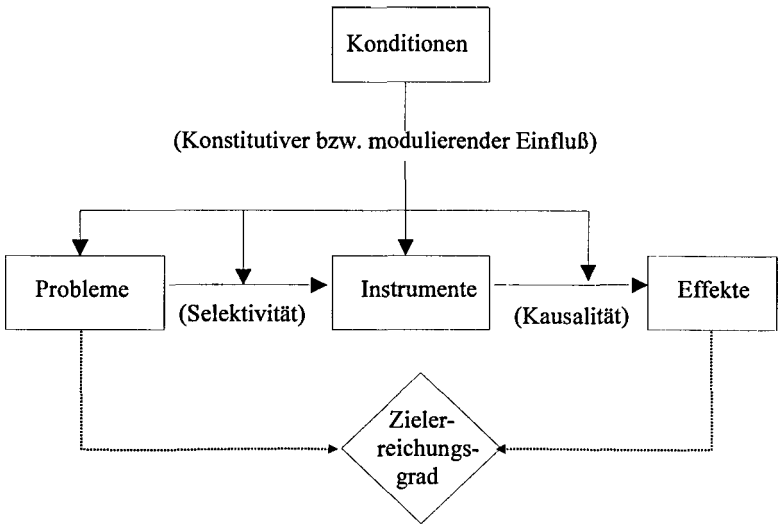


Abb. 1: Handlungsstrukturmodell[19]

Die Grundidee des Modells liegt darin, daß man zur Lösung eines identifizierten personalwirtschaftlichen Problems aus der Menge zulässiger Handlungsalternativen diejenige auswählt, die dem Entscheidungsträger den höchsten Nutzen stiftet. Damit wird eine Reihe von Fragen aufgeworfen, denn um das Modell konkretisieren zu können, ist zu klären,

- welche personalwirtschaftlichen Probleme identifiziert werden können,
- welche personalwirtschaftlichen Instrumente existieren,
- wann diese als funktional und wann als nutzenmaximal gelten.

Diesen Fragen werden wir in den folgenden Abschnitten nachgehen. Zuvor wollen wir uns jedoch mit der unverkennbaren Analogie des Handlungsstrukturmodells zum Grundmodell der Entscheidungstheorie befassen. In der traditionellen Entscheidungstheorie geht man davon aus,[20] daß dem Entscheidungsträger die Menge der Handlungsalternativen $\bar{I} := \{i | i = 1,2,...,I\}$, die Menge der Umweltzustände $\bar{J} := \{j | j = 1,2,...,J\}$, die Menge der Ergebnisse $E := \{e_{ij} | i \in \bar{I}, j \in \bar{J}\}$ und die Ergebnisfunktion $e : \bar{I} \times \bar{J} \rightarrow E$ bekannt sind. Des weiteren wird im stochastischen Fall der

[19] Darstellung in Anlehnung an Kossbiel (1994, S. 331.).
[20] Vgl. Schneeweiß (1967, S. 7ff.).

Wahrscheinlichkeitsraum $(\bar{J}, \mathfrak{F}, Prob)$[21] benötigt. Mit diesen Angaben kann der Entscheidungsträger eine Ergebnisnutzenfunktion $v: E \to U$ und eine Aktionennutzenfunktion $u: A \to U$[22] formulieren. Auszuwählen ist dann die Handlungsalternative, bei der die Aktionennutzenfunktion maximiert wird.[23]

Diese beiden hier skizzierten allgemeinen Strukturmodelle zeigen - wenn auch mit unterschiedlichem Vokabular und unter Rückgriff auf differierende Sprachsysteme[24] - mehr oder minder konturiert auf, worauf ein Entscheidungsträger zu achten hat, wenn er rationale Entscheidungen treffen möchte. Beide Modelle sind aufeinander abbildbar: Die Mengen $\bar{J}$, $\bar{I}$, E und U des entscheidungstheoretischen Modells sind im Handlungsstrukturmodell unter den Rubriken „Konditionen, Instrumente und Effekte" zu finden. Über die Ergebnisfunktion $e: \bar{I} \times \bar{J} \to E$ werden die Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen Instrumenten, Umweltzuständen und Effekten und über die Maximierung der Aktionennutzenfunktion werden die Selektivitätsbeziehungen zwischen Zielen und Mitteln thematisiert. Während die (im Handlungsstrukturmodell implizit erfaßten) Funktionen u und v sowie der Wahrscheinlichkeitsraum $(\bar{J}, \mathfrak{F}, Prob)$ im Grundmodell der Entscheidungstheorie explizit thematisiert werden, spielt die Menge der Probleme dort nur insofern eine Rolle, als es auf alle Entscheidungsprobleme „anwendbar" ist.

Aufgrund der angedeuteten Unterschiede bezüglich Schwerpunktsetzung und Detaillierungsgrad lassen sich aus beiden Modellen wertvolle Hinweise auf die notwendigen Objekt- und Problembereiche der Personalwirtschaftslehre ableiten. Darauf werden wir in Abschnitt B.3. zurückkommen.

2.2. Personalwirtschaftliche Probleme

2.2.1. Personalwirtschaftliche Substanzziele

Instrumente werden in der Welt unseres Modells zum Zweck oder mit dem Ziel der Lösung eines Problems (bzw. Problemkomplexes) eingesetzt, so daß wir die Termini „personalwirtschaftliche Probleme, Ziele und Zwecke" im folgenden synonym verwenden wollen.[25] In Anlehnung an Kossbiel[26] lassen sich Ziele, je nachdem ob sie den Inhaltsaspekt eines Sachproblems betreffen oder (bei funktionaler Äquivalenz mehre-

---

[21] $\mathfrak{F}$ bezeichnet eine geeignete σ-Algebra und *Prob* ein Wahrscheinlichkeitsmaß [vgl. Bauer (1991, S. 4)]. Auf diese Bezeichnungen werden wir unten ausführlich zurückkommen.

[22] Diese ergibt sich aus dem Präferenzfunktional $u(i) = \varphi\left(v\left[e\left(i, \bar{J}\right), Prob\right]\right)$ [vgl. Ott (1996, S. 104 ff.)].

[23] Zur (grundsätzlichen) Interpretationsoffenheit des Nutzenbegriffs vgl. z.B. Alewell (1996).

[24] Das Grundmodell der Entscheidungstheorie ist eher formal-, das Handlungsstrukturmodell ist realsprachlich formuliert.

[25] Vgl. auch Hamel (1992, Sp. 2635).

[26] Vgl. Kossbiel (1994, S. 340 f.).

rer Instrumente) ein über einen substanziellen Tauglichkeitsaspekt hinausgehendes Auswahlkriterium beschreiben, in Substanz- und Formalziele differenzieren.[27]

Personalwirtschaftliche Substanzziele (Grundprobleme) entstehen, wenn der Unternehmenseigner[28] nicht willens oder in der Lage ist, alle zur Erreichung des Betriebszwecks erforderlichen Aktivitäten selbst auszuführen und deshalb Tätigkeiten an Agenten delegieren möchte, die mit Arbeitsverträgen ausgestattet werden und in ihrer Gesamtheit das Personal eines Betriebes[29] bilden. Er wird dann mit dem (komplexen) Delegationsproblem konfrontiert, das sich aus mehreren Teilproblemen, nämlich

- der Aufgabendefinition,
- der Personalrekrutierung,
- der Aufgabenzuweisung und
- der Entscheidung über unterstützende Maßnahmen,

konstituiert. Diese Teilprobleme lassen sich freilich weiter differenzieren und präzisieren, so daß man letztendlich zu einer fast infiniten Problemliste gelangen könnte. Aus Vereinfachungsgründen wollen wir eine Abstraktionsstufe zurückgehen und das Delegationsproblem in die Probleme der Festlegung, der Um- und ggf. der Durchsetzung[30] von Verhaltensansprüchen zerlegen.

Zur Lösung des Delegationsproblems sind zunächst[31] Basisentscheidungen über das Produktions- und das Investitionsprogramm des Betriebes sowie über dessen Organisationsstruktur zu treffen. Diese Basisentscheidungen haben mehrere Konsequenzen zur Folge: Sie führen zum einen zu Arbeitsstrukturen, die künftiges Personalverhalten kanalisieren[32] (Instruktions- und Präparationsaspekt) und zudem (relativ abstrakte) Personalbedarfe begründen. Durch die anschließende Deckung der Personalbedarfe soll zum anderen die Verfügbarkeit (Disponibilitätsthematik) über potentiell hinreichend wirksames (Funktionalitätsthematik) Personal hergestellt werden. Des weiteren ist vermittels Rekrutierung einer Personalausstattung mit unterstelltem Verhaltensantrieb (Motivationsaspekt) und unterstellter Funktionstüchtigkeit (Qualifikations-

---

[27] Diese Differenzierung geht auf Kosiol (1966, S. 45 f. u. 212 ff.) zurück, der allerdings von Sachanstatt von Substanzzielen spricht.

[28] Hierbei kann es sich selbstverständlich auch um eine Pluralinstanz handeln.

[29] Zum Begriff „Personal" vgl. z.B. Klingel (1929, S. 3) sowie ausführlicher Türk (1978, S. 220) und Flohr (1984, S. 38 ff.).

[30] Durchsetzungsprobleme ergeben sich in den Fällen, in denen die beabsichtigte Aufgabendelegation Widerstände der Delegationsadressaten hervorruft.

[31] Dies schließt nicht aus, daß die hier als Basisentscheidungen gekennzeichneten Wahlakte nicht auch simultan mit den nachfolgend beschriebenen oder in späteren Sequenzen als Reaktion auf diese vorgenommen werden können.

[32] Zur Bedeutung struktureller Regelungen als Instrumente der Verhaltenskanalisierung vgl. z.B. Schanz (1982, S. 10 ff.).

aspekt) ein Potential zur Durchsetzung der (noch relativ abstrakten) Verhaltensansprüche zu schaffen.

Das Abstraktionsniveau der Verhaltensansprüche findet Niederschlag in der Unbestimmtheit der Arbeitsverträge[33], die dem Unternehmenseigner das Dispositionsrecht der späteren Konkretisierung von Verhaltensansprüchen beläßt. Obwohl die damit entstehende Personalausstattung aus Individuen, d.h. aus konkret zu identifizierenden Personen, konstituiert wird, können die (grundlegenden) Entscheidungen über Umfang und Struktur des bereitzustellenden Personals im Regelfall, in dem das Rekrutierungspotential auf der Individualebene unbekannt ist, nur auf Basis von Arbeitskräftekategorien[34] getroffen werden.

Es reicht zur Erfüllung des Betriebszwecks selbstverständlich nicht aus, lediglich Arbeitskräfte zu rekrutieren, sondern diese müssen („ergiebige") Aktivitäten entfalten. Um dies zu gewährleisten, sind die Verhaltensansprüche mit den (individuellen) Verhaltensrepertoires abzustimmen[35], so daß man zu einer Konkretisierung der Verhaltensansprüche gelangt, die dann in Entscheidungen über den Personaleinsatz - d.h. Entscheidungen darüber, welche Arbeitskräfte welche Tätigkeiten unter welchen Bedingungen ausführen sollen - münden.

Über die Konkretisierung von Verhaltensansprüchen sowie die damit einhergehende Formulierung und Adressierung von Verhaltensnormen wird nicht nur Personalverhalten gelenkt, sondern es werden darüber hinaus (zu deren Um- bzw. Durchsetzung) Referenzpunkte für die Beurteilung des Personalverhaltens fixiert. Dies ist zum einen erforderlich, da der Betrieb Verhaltens-Soll und -Ist gegenüberstellen muß, um bei zukünftigen Sequenzen entscheiden zu können, ob ggf. andere bzw. zusätzliche Maßnahmen der Verhaltenslenkung (z.B. Qualifizierungsmaßnahmen) ergriffen werden sollen. Es ist zum anderen aber auch deshalb erforderlich, weil das Personalverhalten in geeigneter Weise abgegolten werden muß, da Arbeitskräfte Umfang und Niveau der von ihnen entfalteten Aktivitäten maßgeblich an erwarteten Sanktionen bzw. Gratifikationen ausrichten.

Diese knappen Ausführungen genügen, um die personalwirtschaftlichen Grundprobleme ableiten zu können. Wie oben bereits beschrieben, hat der Unternehmenseigner

---

[33] Vgl. z.B. Brandes/Weise (1991, S. 23)

[34] Gruppen „anonymer" Arbeitskräfte mit als gleich unterstellten Qualifikationen und als gleich unterstelltem Verhaltensantrieb (Maßgröße: Produktivität).

[35] In diesem Zusammenhang erkennt man das (in der Ambiguität der Eigentumsrechte zu sehende) zweite Regelungsdefizit des Arbeitsvertrages, das Brandes/Weise (1991, S. 23) wie folgt beschreiben: „Der Verkäufer, wiewohl er Eigentums(=Nutzungs)rechte an seiner Arbeitskraft überträgt, bleibt dennoch als Person mit ihr verbunden, d.h. er verfügt letzten Endes weiterhin über das Verkaufte. Der Arbeitsvertrag bewirkt nicht die Eindeutigkeit der Neudefinition von Eigentumsrechten [...]", so daß „[...] immer neue Konflikte [...]" entstehen [*Hervorh. i. Orig.*]. Vgl. auch Wächter (1981, S. 465).

zunächst Basisentscheidungen bzgl. des Produktions- und Investitionsprogramms sowie der Organisationsstruktur zu treffen. Diese Entscheidungsprobleme sind, da sie personalwirtschaftliche Probleme zur Folge haben, zwar zweifelsohne personalwirtschaftlich relevant, wir zählen sie aber nicht zum Kreis der personalwirtschaftlichen (Grund-) Probleme. Die personalwirtschaftlichen Grundprobleme setzen im Anschluß an die Verhaltenskanalisierung ein und hängen mit der Schaffung von Personalpotentialen, der Konkretisierung sowie der Um- bzw. Durchsetzung von Verhaltensansprüchen zusammen *(vgl. Abb. 2)*. Sie lassen sich in Primär- und Sekundärprobleme differenzieren.[36] Während die Primärprobleme in der Herstellung und Sicherung der Verfügbarkeit über (Disponibilitätsproblem) und der Wirksamkeit von Personal (Funktionalitätsproblem) zu sehen sind[37], konkretisieren sich die Sekundärprobleme in Handlungserfordernissen, die u.a. aus der Interpretationsoffenheit der Arbeitsverträge (arbeitsrechtliche Aspekte), der asymmetrischen Informationsverteilung bzgl. der Funktionalität von Arbeitskräften (informatorische Aspekte) und der Notwendigkeit verwaltungsmäßiger Bearbeitung personeller Maßnahmen (administrative Aspekte) folgen.

Bei den beiden aufgeführten Primärproblemen handelt es sich zum einen um eine analytische Differenzierung des eigentlichen (übergeordneten) Problems der Herstellung und Sicherung der Verfügbarkeit über hinreichend ergiebiges (bzw. der Ergiebigkeit von hinreichend verfügbarem) Personal, die aus forschungspragmatischen Gründen der Veranschaulichung und Vereinfachung vorgenommen werden. Die Trennung ist zum anderen erforderlich, weil das Gesamtproblem aufgrund seiner Komplexität, Kontingenz und Dynamik i.d.R. nicht uno actu sondern lediglich sequentiell gelöst werden kann. Darüber hinaus sind beide Problemkomplexe interdependent, denn weder können z.B. Personalausstattungsentscheidungen unter Verzicht auf die Antizipation von Wirksamkeitsproblemen sinnvoll getroffen werden noch ist es ratsam, das Personalverhalten unter Ausblendung von Verfügbarkeitseffekten und -restriktionen beeinflussen zu wollen.[38]

---

[36] Vgl. Kossbiel/Spengler (1992). Eine inhaltlich ähnliche Differenzierung verwendet auch Türk (1978).

[37] Vgl. Kossbiel (1994, S. 322 ff.); Weber (1996, S. 280); Nienhüser (1996, S. 59).

[38] Vgl. Kossbiel (1994, S. 325), Nienhüser (1996, S. 60).

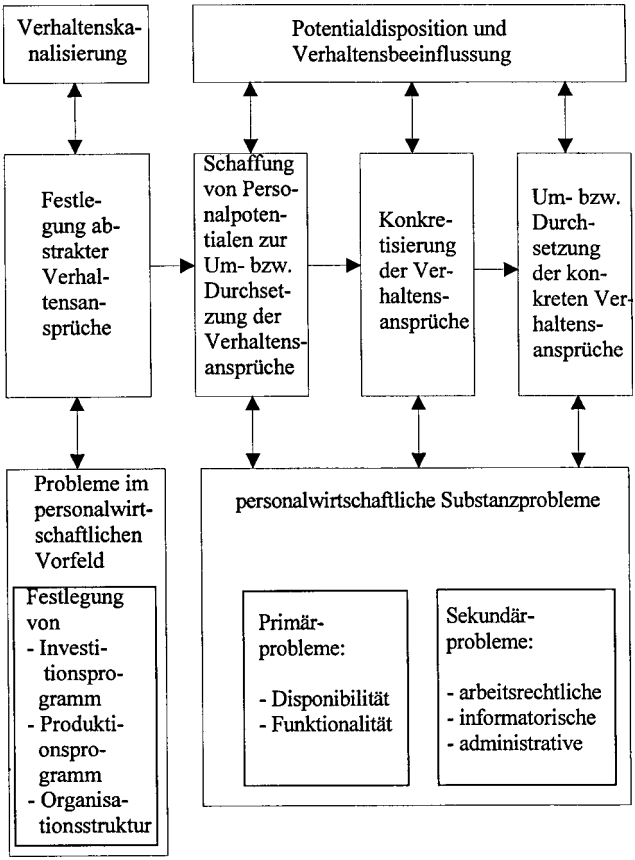


Abb. 2: Personalwirtschaftliche Probleme und Probleme im personalwirtschaftlichen Vorfeld

2.2.2. Personalwirtschaftliche Formalziele

Um aus der Menge der (für ein anstehendes Substanzproblem) zulässigen Lösungen die optimale Problemlösung selektieren zu können, wird ein Entscheidungskriterium benötigt, das geeignet ist, die Instrumente mit hinreichender funktionaler Valenz in eine Präferenzrangfolge zu bringen. Solche (zusätzlichen) Kriterien werden als Formalziele bezeichnet. Während in einem personalwirtschaftlichen Entscheidungskalkül die Substanzziele aus einer betrieblichen Perspektive gesetzt werden müssen und

auch aus der Perspektive anderer Interessengruppen gesetzt werden können, gelten für die Auswahl von Formalzielen weniger strenge Anforderungen: Als Formalziele kommen nicht nur Betriebs- sondern alternativ bzw. kombinativ z.B. auch Mitarbeiter- oder gesellschaftliche Ziele in Betracht. Beispiele für solche personalwirtschaftlichen Formalkriterien sind u.a. die Personalkosten, die Zufriedenheit der Mitarbeiter oder die anderer Stakeholders.

Da die Lösbarkeit eines Problems maßgeblich vom zugrundeliegenden Skalenniveau abhängt, sind meßtheoretische Fragestellungen im Kontext der Formalziele oft von besonderer Relevanz. Auf die damit verbundenen Probleme kommen wir unten zurück.

2.3. Personalwirtschaftliche Instrumente

2.3.1. Differenzierung nach dem Problembezug

Differenziert man die personalwirtschaftlichen Instrumente nach ihrem Problembezug, dann lassen sich zentrale von peripheren Instrumenten unterscheiden.[39] Wir beschränken die folgenden Ausführungen auf die Betrachtung zentraler Instrumente, die für die Lösung von Primärproblemen eingesetzt werden, während periphere personalwirtschaftliche Instrumente der Lösung von Sekundärproblemen dienen. Ebenso wie bei den personalwirtschaftlichen Problemen ließen sich (mit etwas Phantasie) auch von den (zentralen) Instrumenten quasi infinite Listen anfertigen. Bei wissenschaftlicher Befassung mit dem Thema ist jedoch eine Gruppierung anstelle vollständiger Aufzählung angebracht. Hier bietet sich ein Konzept hierarchischer Gruppierung an, wobei eine Beschränkung auf drei Hierarchiestufen ausGründen der Anschaulichkeit unseren Zwecken genügt.

Die linke Seite von *Abb. 3* skizziert die hier verwendete Instrumentenhierarchie. Auf der höchsten Hierarchiestufe werden Maßnahmen der Personalpotentialdisposition von Maßnahmen der Personalverhaltensbeeinflussung unterschieden. Zu den erstgenannten zählen wir Instrumente der Personalausstattung und des Personaleinsatzes, während letztgenannte in Maßnahmen der Verhaltenslenkung, der Verhaltensbeurteilung und der Verhaltensabgeltung disaggregiert werden können. Auf der dritten Hierarchiestufe werden die Instrumente der zweiten Stufe differenziert; wir wollen dies jedoch nicht weiter vertiefen:[40]

[39] Vgl. Kossbiel (1994)
[40] Vgl. Kossbiel (1994, S. 326).

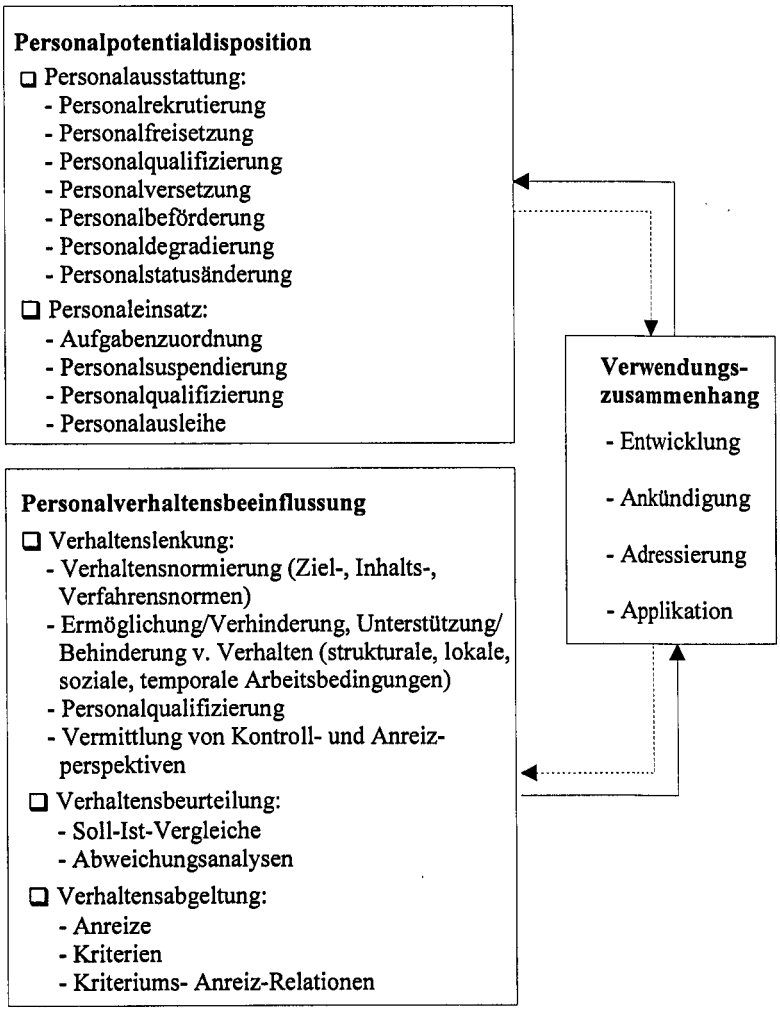


Abb. 3: Personalwirtschaftliche Instrumente

Viele Instrumente lassen sich - wie auf der rechten Seite von *Abb. 3* skizziert - je nach Verwendungszusammenhang multifunktional verwenden.[41] Z.B. können Maßnahmen

[41] Zur Multifunktionalität von Instrumenten vgl. auch Luhmann (1972, S. 59): „Eine konkrete Handlung kann mehreren Systemen zugleich angehören. Handlungssysteme werden also nicht in der Weise zusammengesetzt, daß die Handlungen auf je ein System aufgeteilt würden (so wie man Dinge in verschiedene Schubladen steckt, in denen sie sich dann voll und ganz befinden)."

der Personalqualifizierung sowohl zur Personalausstattung als auch zum Zwecke der Verhaltenslenkung eingesetzt werden (Applikationszusammenhang), Maßnahmen der Personaldegradierung können einzelnen Arbeitskräften angedroht (Verhaltenslenkung durch Vermittlung von Anreizperspektiven; Ankündigungszusammenhang) bzw. vollzogen (Verhaltensabgeltung; Adressierungs- und Applikationszusammenhang) werden.

2.3.2. Differenzierung nach dem Geltungsanspruch

Die oben umrissenen Instrumente können mit unterschiedlichen Geltungsansprüchen eingesetzt werden. Differenziert man die Gültigkeit hinsichtlich ihrer lokalen, temporalen, sozialen und finalen Dimension, so lassen sich bei Dichotomisierung der Ausprägungen (generelle bzw. universelle vs. spezielle Gültigkeit)[42] folgende Unterscheidungen vornehmen:[43] Hinsichtlich der lokalen Dimension ist zu klären, ob eine Entscheidung nur an einem bestimmten Ort (unilokal, räumlich beschränkt) oder überall (omnilokal, räumlich unbeschränkt) gelten soll. Bezüglich der temporalen Dimension kann man z.B. danach unterscheiden, ob die Entscheidung über den Einsatz eines Instrumentes (einmalig, unitemporal) für einen (singulären) Zeitpunkt oder (immer, omnitemporal) für einen (unbeschränkten) Zeitraum gelten soll[44]. Soziale Differenzierung hingegen bedeutet[45], daß sich eine Maßnahme entweder auf Personenmehrheiten[46] bezieht, damit kollektiv ausgerichtet ist und „für alle" gilt oder aber ob sie sich auf eine konkrete (d.h. identifizierte) Einzelperson bezieht[47] und damit individuell ausgerichtet ist. Bei finaler Differenzierung thematisiert man die Einordnung einer

---

[42] Vgl. in diesem Kontext auch Gutenbergs Substitutionsprinzip der Organisation und die für dieses Prinzip basale Differenzierung genereller und fallweiser Regelungen [Gutenberg (1962, S. 144 ff.)].

[43] S.a. Luhmanns Ausführungen zur Generalisierung von Verhaltenserwartungen (1972, S. 51 ff.). Er unterscheidet (S. 56) „[...] drei verschiedene Richtungen [...]" der Generalisierung: „[...] zeitlich - als Sicherung gegenüber einzelnen Abweichungen und Enttäuschungen; sachlich - als Sicherung gegen Zusammenhanglosigkeit und Widersprüche; sozial - als Sicherung gegen Dissens." Zeitliche Generalisierung führt zur Normierung, sachliche zur Rollenbildung und soziale zur Institutionalisierung.

[44] Bsp.: „Mitarbeiter A bedient heute die Stanzmaschine" vs. „Mitarbeiter A bedient künftig immer die Stanzmaschine".

[45] Bsp.: „Die Stanzmaschine muß von Mitarbeitern einer bestimmten Qualifikationsgruppe bedient werden" vs. „Mitarbeiter A kann die Stanzmaschine bedienen".

[46] Gemeint sind entweder Kategorien „anonymer" Individuen oder Kategorien identifizierbarer Individuen.

[47] Vgl. z.B. Schanz (1993, S. 7), dessen Vorstellung, daß dem individuellen Mitarbeiter „[...] das vorrangige Interesse sowohl der (betrieblichen) Personalwirtschaft als auch der Personalwirtschaftslehre zu gelten" habe, wir nicht folgen können. Vgl. auch die kritischen Ausführungen bei Nienhüser (1996, S. 43 f.) sowie Reber (1978).

Entscheidung in einen übergeordneten Zusammenhang:[48] Kontextural eingesetzte Instrumente nehmen explizit Bezug auf den übergeordneten Zusammenhang (z.B. den Betriebszweck), während sich bei akontextural (ad hoc) eingesetzten Instrumenten dieser Zusammenhang lediglich „künstlich" herstellen läßt.[49]

Je nachdem, wie der Instrumenteneinsatz hinsichtlich der vier Dimensionen generalisiert bzw. spezialisiert wird, ergeben sich differierende Strukturierungsgrade, die sich als Kontinuum auffassen lassen und an dessen beiden Polen der dispositive und der strukturelle Einsatz von Instrumenten loziert sind.[50] Wird ein Instrument lokal, temporal, sozial und final spezialisiert, sprechen wir von dispositivem, bei Generalisierung aller vier Dimensionen hingegen von strukturellem Instrumenteneinsatz. Dazwischen ergeben sich mittlere Strukturierungsgrade, die wir in*Abb. 4* mit „:" andeuten wollen. Strukturell eingesetzte Instrumente schaffen eine Rahmenstruktur, die im Einzelfall konkretisiert werden kann, während sich dispositiv eingesetzte Instrumente auf einen konkreten Fall (bzw. auf eine konkrete Situation) beziehen *(s. Abb. 4)*.[51]

---

[48] S.a. die in der soziologischen Systemtheorie thematisierte Trennung von organisationalem Handlungszweck und individuellem Handlungsmotiv [vgl. z.B. Luhmann (1972, S. 100 ff.); Kossbiel/Spengler (1992, Sp. 1957)).

[49] Bsp.: „Der Personaleinsatz an der Stanzmaschine ist danach auszurichten, daß qualitativ hochwertige Produkte erzeugt werden" vs. „Mitarbeiter A wird nur deswegen an der Stanzmaschine eingesetzt, weil ihn dies erfreut". Bei der letzgenannten akontexturalen Verhaltensnorm wird die Personaleinsatzentscheidung unabhängig von der von Mitarbeiter A erreichbaren Produktqualität getroffen. Der Zusammenhang zum (übergeordneten) Betriebsziel läßt sich jedoch möglicherweise durch die Hypothese herstellen, daß die resultierende Arbeitszufriedenheit von Mitarbeiter A indirekt zu einer hohen Produktqualität führt.

[50] Wir werden im folgenden ausschließlich die beiden Pole thematisieren.

[51] Im Kontext der Verhaltensbeeinflussung werden neben der Differenzierung in dispositive und strukturelle [Kossbiel (1994, S. 452 ff.)] Maßnahmen auch die Begriffspaare „situative - präsituative" [Bleicher (1987, S. 73)], „interaktionelle - strukturelle" [Wunderer (1975, S. 33)] und „personale - organisatorische" [Drumm (1995, S. 440 ff.)] Instrumente (Führung, Führungsinstrumente) sowie „Disposition - Organisation" [Bleicher (1972, S. 272 f.)] verwendet. Kosiol [(1962, S. 28-30)] differenziert dreifach: „Organisation - Improvisation - Disposition".

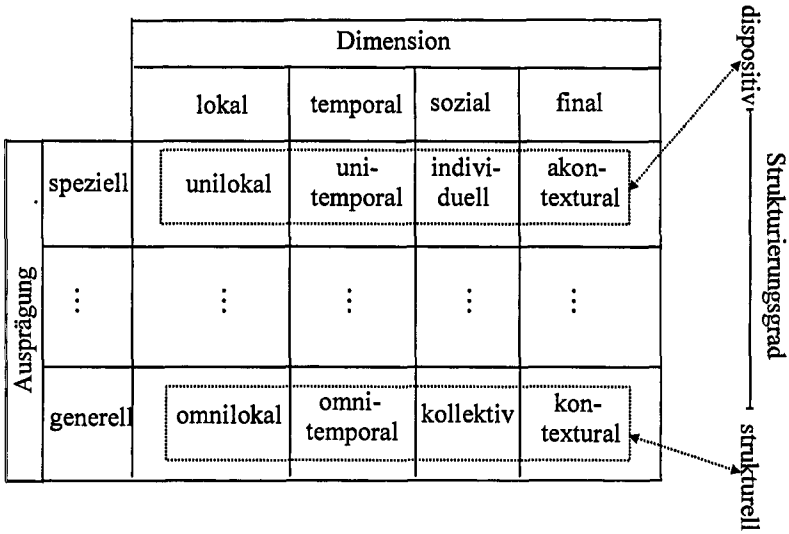


Abb. 4: Gültigkeit von Maßnahmen[52]

Sofern man die Dimensionen lediglich dichotom erfaßt, ist jedes Instrument aufgrund der gegenseitigen Unabhängigkeit grundsätzlich in (2^4=) 16 verschiedenen Bezügen anzuwenden. Z.B. sind die oben skizzierten Maßnahmen der Verhaltenskanalisierung, bei denen basale Entscheidungen über das Produktions- und das Investitionsprogramm sowie über die Organisationsstruktur getroffen werden, u.a. dadurch charakterisiert, daß Arbeitsziele, -inhalte und -verfahren sowie Arbeitsbedingungen mehr oder minder konturiert determiniert werden, so daß sie zu Arbeitsstrukturen führen, die aus dem Betriebszweck (dem obersten Substanzziel) abgeleitet sowie auf einen (längeren) Zeitraum hin angelegt sind und sich auf („anonyme") Personenmehrheiten beziehen.[53] Bei Maßnahmen der Verhaltenslenkung hingegen werden die genannten Instrumente mit geringerem Strukturierungsgrad (d.h. eher dispositiv) eingesetzt, sie können kurz- oder langfristiger Natur und sowohl auf konkrete Individuen als auch auf Personenmehrheiten (hier: Kategorien identifizierbarer Individuen; z.B. Inhaber

[52] „:" bedeutet z.B., daß ein Instrument nicht nur uni- oder omnilokal (bzw. uni- oder omnitemporal), sondern auch multilokal (bzw. multitemporal) eingesetzt werden kann.

[53] S. auch Türk (1981, S. 49): „Durch Bildung und Sozialisation werden personale Handlungspotentiale geprägt, durch Selektion und Allokation werden sie 'gesiebt' und organisationalen Positionen zugeordnet. Beide Klassen von Kontrollmitteln verbleiben aber noch auf der 'Potential-Ebene', steuern noch nicht direkt Handlungen [...]. Gewiß ist anzunehmen, daß Qualifikation und Fügsamkeit zu jeweils erwartetem Verhalten prinzipiell führen werden, nur ist es nicht ausgemacht, daß dies auch für jede spezielle Situation gilt [...]."

von Stellen eines bestimmten Typs) hin ausgerichtet und in einen übergeordneten Zusammenhang integriert sein oder von diesem losgelöst betrachtet werden.

Wenngleich die Operationalisierung der vier Dimensionen unverkennbar Probleme bereitet, zu deren Lösung weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind, ist die hier vorgenommene Unterscheidung potentieller Geltungsansprüche u.E. für eine differenzierte Betrachtung des Strukturierungsgrades von Instrumenten recht gut geeignet. Da wir unten (Personal-)Strategien u.a. als Freiheitsgrade belassende Maßnahmenbündel kennzeichnen, besitzt diese Differenzierung für die vorliegende Arbeit auch deshalb Relevanz, weil Strategien eher strukturell denn dispositiv angelegt sind.

2.4. Personalwirtschaftliche Effekte

Die aus dem Einsatz von Instrumenten resultierenden Wirkungen bezeichnen wir als personalwirtschaftliche Effekte. Sie können nach Maßgabe der in einer Handlungssituation thematisierten Zielrelevanz in primäre und sekundäre Effekte differenziert werden. Primäre Effekte korrespondieren mit dem in einer konkreten Handlungs- bzw. Entscheidungssituation zu erreichenden Ziel(bündel), während sekundäre Effekte bei Realisation einer Maßnahme im negativen Fall „hingenommen" und im positiven Fall „mitgenommen" werden; sie beeinflussen die Entscheidung jedenfalls nicht, denn sonst müssten sie als primäre Effekte rubriziert werden.[54] Somit sind es (letztendlich) die primären Effekte die bei Gegenüberstellung mit dem (bzw. den) zu erfüllenden Zweck (bzw. Zwecken) den Grad der Zielerreichung determinieren.[55]

---

[54] Ob ein Effekt als primär oder als sekundär bezeichnet wird, hängt von der jeweiligen Zwecksetzung ab [vgl. Kossbiel (1994, S. 402)]. Zur Verdeutlichung sei folgendes Analogon aus dem medizinisch-pharmazeutischen Bereich angeführt: Die Hersteller pharmazeutischer Produkte sind verpflichtet auf sog. Beipackzetteln über die Wirkungen eines Medikaments zu informieren. Unter der Rubrik „Nebenwirkungen" beschreiben sie solche Effekte der Medikamenteneinnahme, die der Gesundheit des Patienten abträglich sein können. Ein Patient wird sich i.d.R. für die Einnahme eines Medikaments entscheiden, wenn er sich davon Gesundung verspricht und er die auf dem Beipackzettel aufgeführten „Nebenwirkungen" nicht als besonders bedrohlich bzw. als unwahrscheinlich ansieht. Geht er hingegen davon aus, daß das Medikament aufgrund der prophezeiten „Nebenwirkungen" seinen Körper mehr schädigt als er durch das Medikament gewinnt, dann werden die vom Hersteller als Nebenwirkungen bezeichneten Effekte von ihm nicht als sekundäre sondern als primäre Effekte eingeordnet und der Patient wird auf die Einnahme des Medikaments verzichten.

[55] Die einschlägige Literatur [vgl. z.B. Chmielewicz (1988, S. 462), Kossbiel (1994, S. 402 f.), Türk (1981, S. 20)] verwendet eine Fülle weiterer Differenzierungen, indem z.B. die primären Effekte auch als Haupt- (oder als thematisierte Funktionen) und die sekundären als Nebenwirkungen (oder als neutralisierte Wirkungen bzw. Afunktionen) bezeichnet werden. Die thematisierten Funktionen lassen sich dann noch weiter differenzieren, und zwar in Eufunktionen (positive Wirkungen) und Dysfunktionen (negative Wirkungen). Vor dem Hintergrund der letztgenannten Differenzierung könnte die Kennzeichnung primärer (bzw. sekundärer) Effekte als beabsichtigte (bzw. unbeabsichtigte) Wirkungen möglicherweise mißverstanden werden, denn Dys-

Neben der Differenzierung in primäre und sekundäre Effekte lassen sich die Wirkungen personalwirtschaftlicher Handlungen analog zur Differenzierung personalwirtschaftlicher Ziele in Substanz- und Formalziele auch in substanzielbezogene und formalzielbezogene Effekte differenzieren, wobei die erstgenannten Effekte (manifeste oder latente) Realisierungen von Substanzzielen darstellen, während letztere als (manifeste oder latente) Realisierungen aufzufassen sind.

Die oben angeführten Differenzierungen wollen wir anhand des folgenden Beispiels zusammenfassend illustrieren: Soll z.B. in einem Betrieb ein personalwirtschaftliches Verfügbarkeitsproblem (Substanzziel) derart gelöst werden, daß man bei Orientierung an den Erfordernissen des Betriebes die Personalausstattung lohnkostenminimal strukturiert und dimensioniert (Formalziel) und dabei auch die Entlassung von Arbeitskräften in Kauf genommen wird, dann können dieauftretenden Effekte wie folgt den o.g. Kategorien subsumiert werden *(s. Tab. 1)*:

	Primärer Effekt	Sekundärer Effekt
Substanzzielbezogener Effekt	Deckung des Personalbedarfs	Entlassungen
Formalzielbezogener Effekt	Ausprägung der Lohnkostensumme	Einkommensverlust der Arbeitskräfte

Tab 1: Beispiele personalwirtschaftlicher Effekte

Der Zusammenhang zwischen personalwirtschaftlichen Zielen und Effekten kann zum einen direkt durch unmittelbaren Vergleich von gesetztem Zweck und erreichtem Resultat und zum anderen indirekt über die personalwirtschaftlichen Instrumente hergestellt werden. Im ersten Fall wird der Grad der Zielerreichung thematisiert, im zweiten erfolgt eine Betrachtung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs, die für das Treffen von Entscheidungen unerläßlich ist, da rationale Entscheidungen nur auf Basis einer funktionalen Analyse der erwogenen Instrumente getroffen werden können.[56] Interessant ist diese funktionale Analyse insbesondere im Hinblick auf die (primären und sekundären) substanzzielbezogenen Effekte. Wir haben bereits im vorangehenden Abschnitt, und zwar aus der Perspektive der personalwirtschaftlichen Substanzprobleme, die Multifunktionalität von Instrumenten thematisiert, die sich mit Blick auf die substanzzielbezogenen Effekte ebenfalls aufzeigen läßt.

---

funktionen sind - zumindest bei rationalem Verhalten - nicht intendiert (i.S.v. erwünscht). Solange sie aber die Eufunktionen nicht in dem Maße stören, daß sie sie verhindern bzw. ins Gegenteil verkehren, mag man sie bewußt in Kauf nehmen.

[56] Vgl. Türk (1981, S. 20-24)

Zur Verdeutlichung seien die drei Instrumentengruppen betrachtet, die wir für die Lösung von Funktionalitätsproblemen als maßgeblich identifiziert haben. Die Wirksamkeit (bzw. Ergiebigkeit) der Arbeitskräfte konkretisiert sich in deren Verhalten, das davon abhängig ist, inwieweit sie instruiert, präpariert, qualifiziert und motiviert sind.[57] Instruktion, Präparation, Qualifikation und Motivation von Arbeitskräften können somit als (substanzielbezogene) Effekte von Maßnahmen der Verhaltensbeeinflussung angesehen werden. Aufgrund ihrer Interdependenz haben alle Instrumente der Verhaltenslenkung, -beurteilung und -abgeltung - wenngleich mit unterschiedlicher Reichweite - (faktischen oder potentiellen) Einfluß auf jede dieser vier Kategorien und sind in diesem Sinne multifunktional (eufunktional oder dysfunktional).[58] Die Zusammenhänge zwischen Personalverhalten einerseits sowie Maßnahmen der Organisation, Fremdeinflüssen und Persönlichkeitsmerkmalen andererseits werden in *Abb. 5* zusammenfassend skizziert:

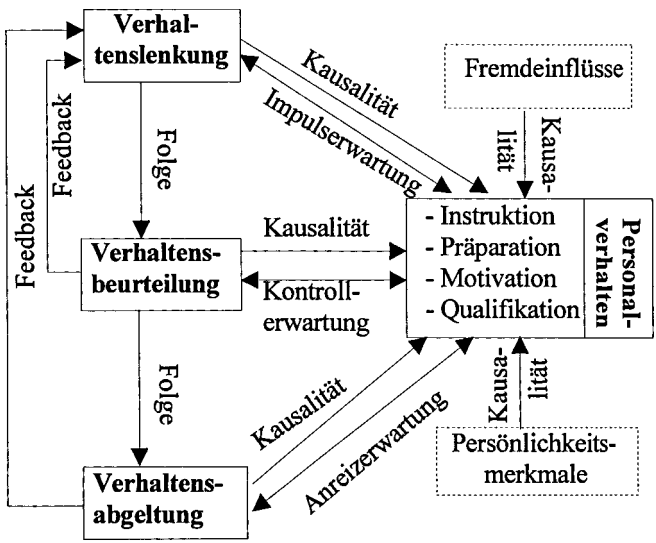


Abb. 5: Substanzielbezogene Effekte von Maßnahmen der Verhaltensbeeinflussung[59]

[57] Vgl. Kossbiel (1994a, S. 76 f.), v. Rosenstiel (1987, S. 39), Spengler (1993, S. 61 ff.), Weibler (1996, S. 652)

[58] Z.B. ändern Maßnahmen der Personalqualifizierung nicht nur die Qualifikation von Arbeitskräften sondern möglicherweise auch deren Motivation.

[59] Vgl. Kossbiel (1994a, S. 76 f.) sowie Kossbiel/Spengler (1998).

2.5. *Personalwirtschaftliche Konditionen*

Es gilt als Binsenweisheit, daß der Mensch in seinen Handlungsmöglichkeiten stets beschränkt ist. Auch personalwirtschaftliches Handeln unterliegt somit Konditionen, von denen vielfältige - das Handlungsspektrum erweiternde oder beschneidende - Wirkungen auf personalwirtschaftliche Probleme und Instrumente, Zweck-Mittel- und Ursache-Wirkungszusammenhänge ausgehen (können).

Die (personalwirtschaftlichen) Konditionen lassen sich nach verschiedenen und teilweise interdependenten Aspekten differenzieren[60], so z.B.

- nach den betrieblichen Einflußmöglichkeiten (in betrieblicherseits beeinflußbare und nicht beeinflußbare),
- nach dem Maß an Betriebsspezifität (in generelle und spezielle),
- nach der Reichweite (in kontexturale und situative),
- nach dem Ort des Entstehens (in betriebsexterne und -interne),
- nach der Wählbarkeit (in normative und faktische),
- nach der Meßbarkeit (in nominal und metrisch skalierte) und
- nach der Bestimmtheit (in deterministische und nicht-deterministische).

Wir haben oben die Frage aufgeworfen, wann (personalwirtschaftliche) Instrumente als zulässig apostrophiert werden können. Die Beantwortung dieser Frage ist einfach und schwierig zugleich. Sie ist einfach zu beantworten dadurch, daß Handlungen als zulässig gelten, solange sie den in der Handlungssituation obwaltenden Bedingungen genügen. In der Beantwortung der Frage, ob man alle relevanten Bedingungen perzipiert, mit hinreichender Validität festgestellt und gewürdigt hat, liegt allerdings die Schwierigkeit.

2.6. *Das Handlungsstrukturmodell bei sequentieller Betrachtung*

Die bisherigen Ausführungen zu den Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns sind insofern vorläufig bzw. relativierungsbedürftig, als sie sich auf den statischen Fall beschränken. Bei sequentieller Betrachtung erkennt man jedoch, daß das Modell kaskadisch aufgebaut ist und die universelle Kennzeichnung der aufgeführten Kategorien z.B. als personalwirtschaftliches Problem oder Instrument[61] somit nicht mehr aufrechterhalten werden kann.

---

[60] Vgl. Kossbiel (1994, S. 403 ff.)

[61] Kossbiel [1994, S. 400] spricht in diesem Kontext von „[...] Instrumente(n) für Instrumente, z.B. die Personalauslese als Instrument der Personalbeschaffung, Personalbeschaffung als Instrument der Personalbereitstellung etc. [...]". S. ferner Wächter (1992, S. 325): „Ziele und Mittel sind nicht so eindeutig voneinander zu trennen [...]." S. auch Bretzke (1980, S. 51): „[...] Objekte un-

Zur Verdeutlichung betrachten wir folgendes Beispiel: Personalverantwortliche eines Betriebes stellen fest, daß die Ergiebigkeit der in einer Werkstatt arbeitenden Mitarbeiter verbesserungsbedürftig ist. Um Abhilfe zu schaffen, beabsichtigen sie, Maßnahmen der Verhaltenslenkung zu ergreifen. Nach eingehender Analyse stellen sie fest, daß die Arbeitsproduktivität durch ungünstige lokale Arbeitsbedingungen beeinträchtigt wird, so daß in diesem Feld Korrekturen vorgenommen werden sollen. In diesem Fall läßt sich erkennen, daß bei sequentieller Betrachtung personalwirtschaftliche Instrumente immer dann zu personalwirtschaftlichen Problemstellungen werden können, solange man nicht auf der untersten Stufe der Instrumentenhierarchie angelangt ist[62] *(Abb. 6)*:

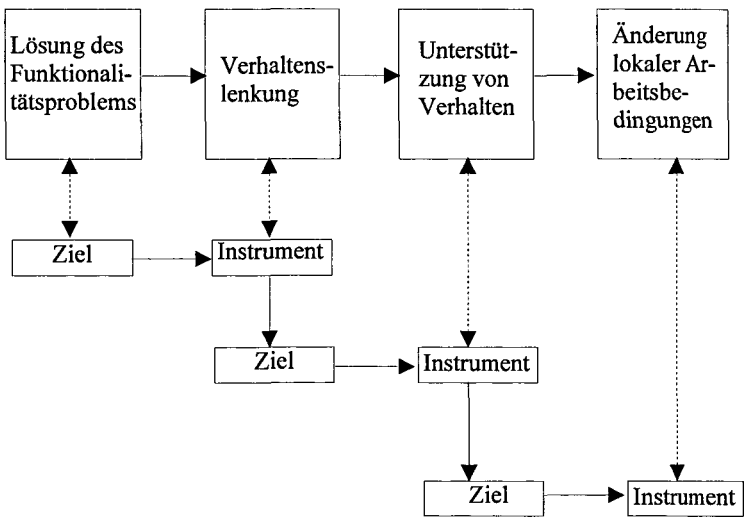


Abb. 6: Ziel-Mittel-Kaskade

Eine weitere Konsequenz ist darin zu sehen, daß sich möglicherweise auch im Bereich der personalwirtschaftlichen Konditionen Änderungen ergeben, denn die Effekte des Instrumenteneinsatzes können als Konditionen in künftige Handlungssituationen eingehen, so daß das Modell bei sequentieller Betrachtung - wie in *Abb. 7* skizziert - aufgebaut ist.

---

serer Erfahrungswelt sind ‚an sich' weder Mittel noch Zwecke, man kann sie aber als solche betrachten, wobei das Mittel-Zweck-Schema als Deutungsmuster fungiert."

[62] Vgl. auch Hamel (1992, Sp. 2638). Eisenführ/Weber (1994, S. 54 ff.) unterscheiden in diesem Zusammenhang Fundamentalziele von Instrumentalzielen.

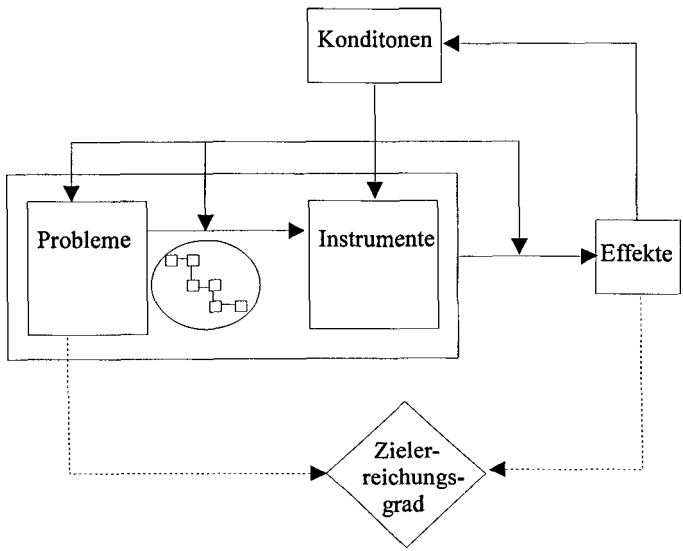


Abb. 7: Handlungsstrukturmodell bei sequentieller Betrachtung

3. Das Handlungsstrukturmodell als Bezugsrahmen für personalwirtschaftliche Konzeptionen

3.1. Einführung

Wir haben bereits angedeutet,[63] daß eine umfassende – d.h. eine den gesamten Gegenstandsbereich des Gebietes umspannende, empirisch gestützte und Vollständigkeit der Erklärungen gewährleistende - Theorie der Personalwirtschaft nicht existiert und in (absehbarer) Zukunft auch nicht erwartet wird;[64] dazu ist das Forschungsgebiet zu komplex[65] und seine Teilgebiete sind zu heterogen[66] und zu interdependent[67]. Somit ist man (zunächst noch) auf die Entwicklung von Theorien mit – im Vergleich zum Ideal – beschränkter Reichweite, geringerer Erklärungskraft und einem niedrigeren Grad an empirischer Stützung angewiesen, die man in der Literatur auch als personal-

[63] Vgl. S. 20 f. der vorliegenden Arbeit.
[64] Vgl. z.B. Nienhüser (1996, S. 51 f.).
[65] Vgl. z.B. Wächter (1981, S. 467) und Drumm (1993, S. 681 u. 701).
[66] Vgl. z.B. Ridder (1996, S. 332); Weibler (1996a).
[67] Vgl. z.B. Drumm (1996, S. 6 f.).

wirtschaftliche Konzeptionen bezeichnet.[68] Als Bezugsrahmen für die Formulierung solcher Konzeptionen ziehen wir das Handlungsstrukturmodell heran, das - wie gezeigt - alle Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns (inklusive deren Interdependenzen) thematisiert (bzw. zu thematisieren gestattet) und somit die zulässigen bzw. erforderlichen Problem- und Objektbereiche der Personalwirtschaftslehre aufzeigt.

Wissenschaftlich zu arbeiten bedeutet (aufgrund der Komplexität der Welt), Modelle zu formulieren, also Realität lediglich selektiv einzufangen und reduziert darzustellen.[69] Den Selektions- und Reduktionserfordernissen kommen die Forscher aufgrund je verschiedener Qualifikationen, Neigungen und lebensgeschichtlicher Erfahrungen etc. auf unterschiedliche Art und in unterschiedlichem Umfang nach[70]. Nur durch die so entstehende Pluralität[71] und (zumindest im Ergebnis) arbeitsteilige Forschung kann man der Komplexität der Disziplin wenigstens einigermaßen - jedoch niemals in Gänze - Herr werden.[72]

Für die Entwicklung eines personalwirtschaftlichen Wissenschaftsprogramms bedeutet dies, daß ein solches Programm zwar Aussagen über personalwirtschaftliche Konditionen, Probleme, Instrumente sowie Effekte und deren (Inter-) Dependenzen generieren muß, dabei jedoch je nach Forschungsinteresse unterschiedliche Schwerpunkt-

---

[68] Zum Begriff der personalwirtschaftlichen Konzeptionen siehe u.a. Drumm (1995, S. 20): „Da keine umfassend gestützte, erklärende und instrumentelle Theorie der Personalwirtschaft als geeignete Grundlage einer Personalwirtschaftslehre in Sicht ist, muß nach einer anderen Grundlage in Form von einer Konzeption gesucht werden. Solch eine Konzeption ist ihrer Struktur nach eine verkürzte instrumentelle Hypothese ohne umfassende empirische Prüfung ihres Wahrheitsgehalts. Empirisch ungeprüfte Hypothesen haben alle Eigenschaften einer Kunstlehre[...]." Vgl. außerdem Wright/Rowland/Weber (1992).

[69] Vgl. z.B. Backes-Gellner (1996, S. 307), Ridder (1996, S. 319), Baumol (1972, S. 154 f.), Richter (1965, S. 242), Bosch (1992, S. 95) und Schneider (1952, S. 602). S. a. Dahrendorf (1972, S. 17): „Um der Präzision und Prüfbarkeit ihrer Aussagen willen ist jede Disziplin gezwungen, ihren weiten Gegenstand auf gewisse Elemente zurückzuführen, aus denen er sich systematisch rekonstruieren läßt, [...]."

[70] Vgl. z.B. Alewell (1996, S. 676 f.), Richter (1965, S. 259) sowie Müller-Merbach (1981, S. 147), der u.a. postuliert, „daß der Mensch in seiner Bildung mentaler Modelle nicht frei ist, sondern einer engen Vorprogrammierung durch seine (epistemischen und heuristischen) Kenntnisse unterliegt". Bretzke (1980, S. 40 ff.) spricht in diesem Zusammenhang von „Deutungsmustern".

[71] Vgl. Gebert (1992, S. 142).

[72] Zum Problem der wissenschaftlichen Spezialisierung aus der Perspektive des kritischen Rationalismus s. z.B. Albert (1972, S. 6): „Es geht nicht [...] darum, einen gegen kritische Argumente [...] gesicherten Einheitsbau des menschlichen Wissens aufzurichten, [...] sondern vielmehr darum, die in einem Bereich erzielten [...] Problemlösungen kritisch und konstruktiv für die Analyse [...] in anderen Bereichen [...] zu verwerten und damit den Pluralismus der Gesichtspunkte zu nutzen, der unausweichlich immer wieder zu Widersprüchen und durch ihre Überwindung zu Erkenntnisfortschritten führen wird."

setzungen unvermeidlich, legitim und darüber hinaus fruchtbar sind.[73] Diese Aussage sei wie folgt exemplarisch präzisiert: Sofern eine gleichzeitige Bezugnahme auf die Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns und das ökonomische Prinzip stattfindet, zählen Arbeiten, die sich z.B. auf Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Beziehungen, auf Erscheinungsformen und Folgen technologischen oder sozialen Wandels, auf Fragestellungen der Arbeitsmarktökonomie, der Humankapitaltheorie, der Ergonomie, der Mikropolitik oder der Psychodynamik konzentrieren, ebenso zur Personalwirtschaftslehre, wie solche, die sich mit Konzeptionen der Selbstorganisationstheorie oder der soziologischen Rollentheorie auseinandersetzen. Es ist somit nicht nur nicht ausgeschlossen sondern sogar erforderlich[74], daß in die Personalwirtschaftslehre Erkenntnisse fachfremder Disziplinen (z.B. Psychologie, Soziologie, Medizin, Arbeits- und Politikwissenschaften) integriert werden[75]. Es ist aber ausgeschlossen, daß man eine Konzeption als personalwirtschaftlich etikettiert, die das ökonomische Prinzip vernachlässigt und die sich nur auf eine Elementarkategorie personalwirtschaftlichen Handelns beschränkt.[76] Eine Abhandlung, die sich bei-

---

[73] Bei Verzicht auf Schwerpunktsetzungen bestünde die Gefahr des Universaldilletantismus und der Nichtausnutzung von Spezialisierungsvorteilen (Chmielewicz 1988, S. 448).

[74] Vgl. z.B. Alewell (1996, S. 679), Backes-Gellner (1996, S. 309), Kossbiel (1994a, S. 75), Ridder (1996, S. 334), Wächter (1992, S. 328 f. u. S. 333), Simon (1982, *passim*) und Weber (1996, S. 282) sowie Schmalenbach (1947, S. 4), der fordert, Psychologie und Soziologie als Pflichtfächer für das personalwirtschaftliche Studium vorzusehen. Kritisch äußern sich z. B. Staehle/Karg (1981, S. 86 f.) sowie Türk (1978), der die Forderung nach einer eigenständigen Personalwissenschaft erhebt. Zur Bedeutung fachfremder Erkenntnisse für die Wirtschaftswissenschaften vgl. z.B. Albert (1972, S. 4), Richter (1965, S. 253) und Heinen (1969, S. 212 f.).

[75] Vgl. z.B. Nienhüser (1996, S. 46), Schanz (1988, S. 13) sowie die Ausführungen von Chmielewicz (1988, S. 448 f.) zum Forschungsfeld der Betriebswirtschaftslehre (BWL). Er definiert „wirtschaftliche Probleme [...] als Probleme der Güterknappheit [...]" und analysiert, ob im menschlichen Verhalten ein alternatives Abgrenzungskriterium gesehen werden könnte, wobei dies „[...] eine soziologisch-psychologische Neuorientierung der BWL" zur Folge hätte (BWL als angewandte „[...] Soziologie oder Psychologie"). Chmielewicz kommt zu dem Schluß, daß dieses Abgrenzungskriterium zwar nicht als echte Alternative zum erstgenannten in Betracht zu ziehen ist, aber „[...] soziologisch-psychologische Ansätze ebenso wie juristische oder mathematische Erkenntnisse die BWL bereichern" können, sofern kein „[...] Dilettantismus in fachfremden Gebieten [...]" stattfindet, „[...] der Fachbezug zu BWL-Problemen [...]" gesichert ist und „[...] die BWL-Probleme i.e.S. durch die soziologisch-psychologischen Analysen [...] ergänzt und vertieft werden." Diese Ausführungen sind für unseren Untersuchungsgegenstand insofern einschlägig, als das Knappheitskriterium mit der Disponibilitäts- und das Verhaltenskriterium mit der Funktionalitätsproblematik korrespondiert und sich somit die Integration fachfremder Disziplinen unter den genannten Voraussetzungen bereichernd auswirken kann.

[76] Ähnlich argumentiert Weibler (1996, S.656): „Man muß [...] wissen, wie Qualifikationen erworben werden und wovon dieses abhängt, ob Individuen und wenn ja wie zu motivieren sind und wie Innovationsbereitschaft entwickelt und personalpolitisch gefördert werden kann. Entscheidend ist deshalb, diese Zusammenhänge zu beachten und [...] zu erforschen, um nicht zu möglicherweise suboptimalen Modellen und Empfehlungen zu kommen" [*Hervorh. i. Orig.*]. Leider thematisiert Weibler jedoch nicht das damit implizit angesprochene Problem des optimalen

spielsweise ausschließlich mit der Erforschung psychoanalytischer Phänomene (wie Übertragung, Idealisierung, Identifizierung oder Projektion) auseinandersetzt, ist der Psychologie zu subsumieren. Eine personalwirtschaftliche Konzeption (mit tiefenpsychologischem Bezug) liegt jedoch vor, wenn diese Kategorien z.B. als personalwirtschaftliche Konditionen identifiziert, darauf aufbauend ökonomisch legitimierbare Gestaltungsaussagen für den Prozeß der Verhaltensbeeinflussung abgeleitet und darüber hinaus weitere personalwirtschaftliche Konditionen, Probleme, Instrumente sowie Effekte (zumindest skizzenhaft) thematisiert werden.[77]

Da die Betriebswirtschaftslehre - und somit auch ihre Teildisziplinen - den Realwissenschaften zuzuordnen sind, lassen sich für das Wissenschaftsprogramm der Personalwirtschaftslehre vier Zielsetzungen - nämlich Gestaltung, Erklärung, Prognose und Kritik - postulieren.[78] Dies bedeutet, daß sich die Personalwirtschaftslehre mit der Gestaltung, der Erklärung sowie der Prognose der personalwirtschaftlichen Elementarkategorien und den auf ihnen definierten Dependenzstrukturen zu befassen hat. Darüber hinaus sind die wissenschaftlichen Theorien dazu zu verwenden, andere Theorien (inklusive Alltagstheorien) zu kritisieren.

Bevor wir uns mit diesen Zielsetzungen im Bereich der Personalwirtschaftslehre eingehender befassen, wollen wir sie zunächst kurz wissenschaftstheoretisch erläutern. Dazu greifen wir auf ein in der wissenschaftstheoretischen Literatur häufig verwendetes Schema zurück, das oft als Hempel-Oppenheim-Schema oder als covering-law-model bezeichnet wird.[79] Dieses Schema besagt für den Fall der Erklärung[80], daß der zu erklärende Sachverhalt (sog. Explanandum) aus einem (aus Antezedensbedingungen und Gesetzesaussagen formierten) Explanans abgeleitet wird. Häufig wird auf die folgende Darstellung zurückgegriffen, bei der B die Menge der Antezedensbedingungen[81], G die Menge der Gesetzesaussagen und E den zu erklärenden Sachverhalt symbolisiert:

Komplexionsgrades der Modelle; aufgrund des o.g. Selektionserfordernisses besteht bei modelltheoretischen Erörterungen die Gefahr der Suboptimalität immer.

[77] Vgl. Hofstätter (1995) sowie die bislang wenig beachtete Arbeit von v.Hofmann (1972).

[78] Vgl. z.B. Chmielewicz (1994), Schanz (1993, S. 45), Popper (1972, S. 49 ff.) sowie Hempel (1972, S. 237).

[79] Vgl. Hempel (1972, S. 238 ff.), Hempel/Oppenheim (1948) sowie Popper (1972, S. 50 ff.).

[80] Zum Begriff der Erklärung vgl. z.B. Richter (1965, S. 242).

[81] Diese werden häufig auch als Rand-, Anwendungs- oder Ausgangsbedingungen bezeichnet.

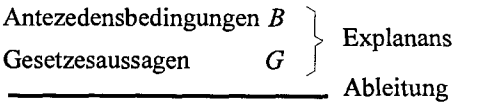


Abb. 8: Covering-law-model

Der zu erklärende Sachverhalt liegt in Form einer singulären Aussage vor.[82] Für diesen werden Randbedingungen (ebenfalls in Form singulärer Aussagen) und generelle Aussagen gesucht, um das Explanandum (je nach Art der generellen Aussagen) nomologisch-deduktiv oder nomologisch-induktiv ableiten zu können.[83] Im Idealfall gilt, daß im Explanans mindestens eine (generelle) Gesetzesaussage mit Informationsgehalt[84] enthalten ist, daß die die singulären und generellen Sachverhalte des Explanans schildernden (singulären und generellen) Aussagen faktisch wahr sind und daß die Ableitung des Explanandum aus dem Explanans logisch wahr ist.[85] Bei Abweichungen von diesem Idealfall sinkt der Grad der Vollkommenheit der Erklärung dahingehend, daß lediglich elliptische bzw. partielle Erklärungen oder Erklärungsskizzen entwickelt werden.[86]

Nicht nur Erklärungsvorgänge, sondern auch die anderen drei oben genannten Ziele lassen sich anhand dieses Schemas untersuchen[87]; die Unterschiede liegen darin, ob jeweils Teile des Explanans oder das Explanandum gegeben oder gesucht sind:

---

[82] Zur wissenschaftstheoretischen Differenzierung in singuläre und generelle Aussagen vgl. z.B. Chmielewicz (1994, S. 9f.).

[83] Zur Unterscheidung nomologisch-deduktiver von nomologisch-induktiven Erklärungen s. z.B. Hempel (1972, S. 240): „In deduktiv nomologischen Erklärungen [...] sind die jeweiligen Gesetze und theoretischen Prinzipien von strikt allgemeiner Form. Sie behaupten, daß in *allen* Fällen, in denen bestimmte Bedingungen realisiert sind, ein Ereignis bestimmter Art eintreten wird." Bei induktiv-nomologischen Erklärungen hingegen liegen die Gesetze in „probabilistisch-statistischer Form" (ebd., S. 240) vor, so daß „[...] das explanans das explanandum nicht logisch impliziert, sondern ihm nur eine hohe Wahrscheinlichkeit verleiht." (ebd., S. 241).

[84] Der Informationsgehalt genereller Aussagen steigt mit zunehmender Universalität der Wenn- und mit zunehmender Präzision der Dann-Komponente [vgl. z. B. Chmielewicz (1988, S. 458 f.)].

[85] Vgl. Hempel (1965, S. 247 ff.) und Chmielewicz (1994, S. 152 ff.).

[86] Nach Hempel (1972, S. 244-247) sind elliptische Erklärungen in dem Sinne unvollständig, daß sie auf die Schilderung einiger singulärer oder genereller Aussagen im Explanans verzichten, diese Auslassungen jedoch als unproblematisch gelten können. Bei partiellen Erklärungen hingegen wird das Explanandum aufgrund unzulässiger Auslassungen unvollständig erklärt, jedoch mit einem höheren Grad an Explikation und Spezifikation als bei Erklärungsskizzen. Vgl. auch Richter (1965, S. 250 ff.).

[87] Vgl. z.B. Kubicek (1975, S. 23 ff.), Popper (1972, S. 50 ff.); Schanz (1988, S. 56 ff.); Chmielewicz (1994, S. 151 ff.) und Hempel (1972, S. 238 ff.).

	Antezedensbedingungen	Gesetzesaussagen	Explanandum
Erklärung	gesucht	gesucht	gegeben
Prognose	gegeben	gegeben	gesucht
Gestaltung	gesucht/gegeben	gegeben	gegeben
Kritik	gegeben	gesucht/gegeben	gegeben

Tab.2: Explanans und Explanandum bei verschiedenen Wissenschaftszielen

Tab. 2 läßt sich wie folgt interpretieren: Prognosen[88] sind (im Vergleich zu Erklärungen) durch ein anderes Verhältnis zur Zeit gekennzeichnet, denn hier wird aus vorliegenden Ausgangsbedingungen und vorliegenden Gesetzesaussagen auf einen*zukünftigen* Sachverhalt geschlossen. Dies bedeutet, daß das Explanandum auf der Basis eines gegeben Explanans gesucht bzw. vorausgesagt wird.[89]

Im Falle der Erklärung läßt sich der Zusammenhang zwischen Antezedensbedingungen und Explanandum als Ursache-Wirkungs-Beziehung kennzeichnen.[90] Bei der Verfolgung von Gestaltungszielen hingegen liegt das Explanandum in Form eines vorgegebenen Zieles vor, während im Explanans die Menge G aus gegebenen Gesetzesaussagen und die Menge B sowohl aus gegebenen Situationsbedingungen als auch aus zu suchenden Handlungsalternativen (d.h. gestaltbaren Antezedensbedingungen) besteht; somit läßt sich zwischen Explanandum und einem Teil der Antezedensbedingungen ein Ziel-Mittel-Zusammenhang feststellen, wobei man prognostiziert, daß bei Wahl geeigneter Mittel, die angestrebten Ziele realisiert werden.[91]

Im Falle der Kritik sind die Antezedensbedingungen und das Explanandum gegeben. Letzteres wird mit einer Beobachtungsaussage verglichen und bei auftretenden Abweichungen sind - sofern die Antezedensbedingungen sowie die Beobachtungsaussage (faktisch) und die Ableitung des Explanandum aus dem Explanans (logisch)

[88] Werden an die generellen Aussagen im Explanans geringere Anforderungen gestellt, so können statt Prognosen Voraussagen schwächerer Form vorgenommen werden [vgl. z.B. Chmielewicz (1994, S 158 f.), Kosiol (1975, S. 46 f.) und Schanz (1988, S. 65 ff.)]: Bei Projektionen liegen keine generellen Gesetzesaussagen sondern ledglich ad-hoc-Hypothesen, bei Prophezeiungen sogar lediglich schlichte (ungestützte) Vermutungen vor.

[89] Vgl. z.B. Kosiol (1975, S. 46).

[90] Vgl. Chmielewicz (1994, S. 152).

[91] Chmielewicz (1994, S 157) spricht in diesem Zusammenhang von technologischen Prognosen. Zur Problematik technologischer Transformation nomologischer Hypothesen vgl. z.B. Bretzke (1980, S. 120 ff.) und die dort angegebene Literatur.

wahr sind - neue Gesetzesaussagen zu suchen, um auf das Explanandum schließen zu können.[92]

Da sich innerhalb der Personalwirtschaftslehre hinsichtlich des Erkenntnisinteresses zwei Hauptrichtungen erkennen lassen, wollen wir in den beiden folgenden Abschnitten - mit dem Gestaltungs- und dem Erklärungsziel - lediglich zwei der vier genannten Wissenschaftsziele fokussieren.

3.2. Gestaltung personalwirtschaftlicher Sachverhalte

3.2.1. Grundlagen

Da bei Verfolgung personalwirtschaftlicher Gestaltungsziele die Formulierung von Kalkülen angestrebt wird, die der Vorbereitung (Konzeptionsaspekt), dem Treffen (Dezisionsaspekt) und der Umsetzung (Implementations- und Applikationsaspekt) ökonomisch legitimierbarer Personalentscheidungen dienen[93], werden wir den Bereich der Disziplin, der das technologische Wissenschaftsziel fokussiert, (mit Bezugnahme auf den eingeführten Begriff der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre) im folgenden als entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre bezeichnen.

Die entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre konzentriert sich vor allem auf den Selektivitätszusammenhang zwischen personalwirtschaftlichen Instrumenten und Problemen, d.h. es wird die Frage gestellt, welches Instrument ausgewählt werden soll, um ein gegebenes Problem zu lösen. Mit Blick auf das Handlungsstrukturmodell erkennt man jedoch, daß dabei weitere Zusammenhänge, vor allem auch die Kausalitätszusammenhänge zwischen Konditionen und Instrumenten sowie zwischen Instrumenten und Effekten zu beachten sind. Dies bedeutet, daß diese Zusammenhänge diagnostisch, prognostisch oder simulativ ermittelt werden müssen, bevor man über ein Entscheidungsmodell zur Instrumentenauswahl gelangt. Die entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre ist somit auf Modelle angewiesen, die der Ermittlung der relevanten Daten in Form von Koeffizienten und Beschränkungsgrößen dienen[94], um (anschließend) durch Entscheidungsmodelle zur Instrumentenauswahl zu gelangen.[95] Daraus erkennt man, daß ihr zwar zweifelsohne ein technologisches bzw. pragmatisches Wissenschaftsziel unterstellt werden kann, sie aber das theoretische Wissen-

---

[92] Vgl. zB. Chmielewicz (1988, S. 462).

[93] Vgl. Kossbiel/Spengler (1992).

[94] Ermittlungsmodelle in Form von Diagnose-, Prognose- und Simulationsmodellen. Zum Begriff des Ermittlungsmodells vgl. z.B. Bretzke (1980, S. 14).

[95] Vgl. Heinen (1969, S. 210 f.).

schaftsziel nicht aus den Augen verliert[96] und insofern auch nicht als a-theoretisch oder theoriearm bezeichnet werden kann.

Die entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre befaßt sich wie bereits erwähnt mit der Entwicklung, Analyse und Anwendung von (Planungs- bzw.) Entscheidungsmodellen zwecks Lösung personalwirtschaftlicher Primär- und Sekundärprobleme. Zum besseren Verständnis dieser Aussage sei zunächst kurz erläutert, was unter Entscheidung (a), Planung (b) und Entscheidungsmodell (c) zu verstehen ist:

ad (a): Als Entscheidung bezeichnen wir einen Akt, bei dem eine von mehreren möglichen, sich gegenseitig ausschließenden Ziel- oder Mittelalternativen zwecks zukünftiger Verfolgung oder Realisation ausgewählt wird. Dies bedeutet, daß dem Entscheidungsträger mindestens zwei Alternativen zur Verfügung stehen müssen.[97] Darüber hinaus wird in dieser Beschreibung jedoch nichts über die Alternativenmenge ausgesagt, d.h. Präzisierungen der diese Menge konstituierenden Elemente (z.B. ob sie lediglich Einzelelemente umfaßt oder sich aus Mengen von Elementen zusammensetzt, deren Mächtigkeit größer als Eins ist[98]) unterbleiben. Es wird des weiteren nichts darüber ausgesagt, wie man zu der Alternativenmenge gelangt, sondern es wird lediglich der Akt der Alternativenwahl thematisiert und als absichtsgeleitet charakterisiert.

ad (b): Wir verstehen in Anlehnung an Schweitzer[99] unter Planung die bewußte, frühzeitige, informationsverarbeitende und geordnete Vorbereitung zu implementierender Prozesse, die mit dem Ziel durchgeführt werden, ein System von einem Zustand i in einen (anderen) wünschenswerten Zustand j (mit $i \neq j$) zu transformieren. Aus dieser Beschreibung ist u.a. ersichtlich, daß sich Planungen immer auf Systeme beziehen, wobei (in systemtheoretischer Diktion) ein System als eine Menge von Elementen aufgefaßt wird, zwischen denen Beziehungen bestehen.[100] Dies bedeutet zum einen, daß durch Planung eine Veränderung der Elemente und/oder deren Beziehungen induziert werden soll.[101] Es bedeutet zum anderen (aufgrund der Offenheit des

---

[96] S. in diesem Zusammenhang z.B. Chmielewicz (1988, S. 463): „Sachlich stellt eine Theorie den notwendigen Unterbau und die Voraussetzung der Technologie dar." Wenn beispielsweise in ein Entscheidungsmodell zur Personalbereitstellungsplanung Fluktuationsraten integriert werden, muß der im Modell dargestellte Zusammenhang (z.B. zwischen Beschäftigungsdauer und Fluktuationsverhalten) theoretisch fundiert sein. Es muß die begründete Vermutung bestehen, daß der behauptete bzw. unterstellte Zusammenhang gültig ist [ähnlich: Nienhüser (1996, S. 42)].

[97] Abgesehen von Fällen extremer Zwänge, in denen sogar die Unterlassungsalternative keine echte Alternative mehr darstellt, ist dies immer gegeben, da diese in allen anderen Fällen mit faktischer Bedeutsamkeit dem Alternativenraum angehört.

[98] Es handelt sich dann um Zielbündel bzw. Handlungsprogramme.

[99] Vgl. Schweitzer (1987, S. 11).

[100] Vgl. Wollnik (1978, S. 78).

[101] Die Menge der Systemelemente konstituiert sich in diesem Zusammenhang aus den im Handlungsstrukturmodell angesprochenen Elementarkategorien (Handlungskonditionen, -zielen, -alternativen, -effekten).

Systembegriffs), daß in unterschiedlichen Bereichen geplant werden kann,[102] und zwar je nachdem, welches System (bzw. welche Systemelemente oder Elementbeziehungen) zum Planungsgegenstand erhoben werden.

Ein weiteres Kriterium für eine legitime Verwendung des Planungsbegriffs ist die Bewußtheit des Planers, d.h. dieser ist sich dessen bewußt, daß er die Systemtransformation vorbereitet.[103] Somit werden rein zufällige, nicht auf Willensakten des Planers beruhende Änderungen der Systemkonfiguration ausgegrenzt.

Die Definition stellt außerdem auf die Charakteristika der Frühzeitigkeit[104] und der prozeduralen Ordnung der Vorbereitung ab. Improvisatorisch (spontan) getroffene Entscheidungen, bei denen auf eine „sorgfältige" Analyse des Entscheidungsfeldes verzichtet wird, werden somit nicht dem Planungsbegriff subsumiert.[105]

Zwischen Planung und Entscheidung gibt es vielfältige Beziehungen, denn es ist nicht nur das Ziel der Planung, eine Entscheidung zu treffen (bzw. so weit vorzubereiten, daß sie getroffen werden kann)[106] sondern auch im Prozeß der Planung sind an vielen Stellen Entscheidungen zu treffen.[107]

ad (c): Unter einem Entscheidungsmodell[108] verstehen wir die strukturgebende, komplexitätsreduzierende Definition „[...] einer als Problem ‚empfundenen' Handlungssituation [...]"[109], die auf einer angemessenen Sprachebene mit dem Ziel formuliert ist, daß aus ihr die angestrebte Problemlösung deduziert werden kann. Vielfach werden (Entscheidungs-) Modelle als Abbildungen von Realitätsausschnitten definiert[110], wo-

[102] Z.B. in privaten Haushalten, staatlichen Institutionen oder in (Teilbereichen von) Unternehmen.

[103] Dies schließt nicht aus, daß der Entscheidungsträger die Unterlassungsalternative wählt, und die Transformation des Systemzustandes sich vor allem in Änderungen im Bereich der Konditionen konkretisiert.

[104] Vgl. Koch (1980, S. 11 f.) sowie Weber (1964).

[105] Es sei ausdrücklich auf den Unterschied zwischen improvisatorisch getroffenen und improvisatorischen Entscheidungen hingewiesen. Erstere werden an dieser Stelle thematisiert und dienen der Bezeichnung von Entscheidungen, die ohne Vorbereitung (aus dem Stegreif) getroffen werden. Letztere haben wir oben (vgl. FN 51 auf S. 31) bei der Differenzierung von Geltungsansprüchen personalwirtschaftlicher Instrumente angesprochen.

[106] Entscheidung als Schlußakt der Planung.

[107] Entscheidungen als Grundlage der Planung (sog. Meta-Entscheidungen), z.B. Entscheidungen darüber, wie die als Problem empfundene Situation strukturiert werden soll. S. in diesem Zusammenhang auch Bretzke (1980, S. 118): „Die durch ein Entscheidungsmodell zu leistende Alternativen selektion setzt zunächst voraus, daß ein bestimmter Möglichkeitsraum *er*schlossen wird, sie bedingt aber gleichzeitig, daß dieser Möglichkeitsraum *ge*schlossen wird [...]."

[108] Aufgrund der bereits skizzierten Interdependenzen zwischen Planung und Entscheidung, werden wir (unter Verzicht auf weitere Problematisierungen) die Begriffe Entscheidungsmodell und Planungsmodell im folgenden synonym verwenden [ähnlich: Kreikebaum (1991, S. 23)].

[109] Bretzke (1980, S. 8).

[110] Vgl. z.B. Bretzke (1980, S. 29) sowie Rieper (1992, S. 19 ff.) und die dort jeweils angegebene Literatur.

bei an die Ähnlichkeit zwischen Original und Modell die Anforderung der Isomorphie oder zumindest der Homomorphie gestellt wird.[111] Wir verwenden hier jedoch einen konstruktivistischen Modellbegriff[112], da – aufgrund der Tatsache, daß Wahrnehmungen realer Sachverhalte immer subjektiv und selektiv sind - die auf abbildungstheoretischen Überlegungen basierenden Definitionen lediglich leerformelartigen Charakter haben[113]. „Vor dem Hintergrund eines konsequent zu Ende gedachten abbildtheoretischen Modellbegriffs erscheint die Welt letzlich problemfrei: sie enthält keine Probleme, sondern nur vorläufig unentdeckte Problemlösungen, wobei die Entdeckung selbst sich in einer passiv-rezeptiven Wirklichkeitrekonstruktion erschöpft und keine konstruktiven Eigenleistungen des jeweiligen ‚problem solvers' voraussetzt. Im Grunde gibt es in einer Welt, in der optimale Handlungsalternativen über die elementaren Operationen des empirischen Wahrnehmens und logischen Schließens in Erfahrung gebracht werden können, überhaupt nichts zu ‚entscheiden'".[114]

Zentral an der hier vertretenen konstruktivistischen Begriffsexplikation ist zum einen, daß Entscheidungsmodelle in dem Sinne final gestaltet werden, als aus ihnen die Lösung des zugrundeliegenden Entscheidungsproblems hervorgehen soll und daß die Entscheidungsprobleme keine Struktur per se aufweisen, sondern daß diese erst vom Modellierer – nach Maßgabe der von ihm dem Modellierungsprozeß zugrundegelegten Theorien[115] - geschaffen werden.[116] Zum anderen kommt es darauf an, daß der Modellentwickler das Modell in der „richtigen" Sprache codiert, wobei sich die Angemessenheit der Sprachebene danach richtet, ob die intendierte Problemlösung aus dem Modell abgeleitet werden kann. Ab einer gewissen Komplexitätsstufe ist man nicht mehr in der Lage aus natürlich-sprachlichen Modellen rational begründbare Lösungen zu deduzieren, so daß man auf formal-sprachliche Formulierungen (z.B. mathematische Modelle) angewiesen ist.

---

[111] Umkehrbar eindeutige Zuordnungen zwischen Bild- (hier: Modell) und Urbildmenge (hier: Original) heißen isomorph, ist das Modell hingegen strukturärmer als das Original, spricht man von homomorphen Abbildungen [vgl. Reinhardt/Soeder (1987, S. 73-75)].

[112] Vgl. Bretzke (1980, S. 35 u. passim), Lenz (1987, S. 275 ff.), Molière (1984, S. 111 ff.) sowie Rieper (1992, S. 23 ff.).

[113] Vgl. z.B. Zelewski (1994, S. 51-53, insbes. S. 52): „[...] Umschreibungen der Art, in der ein Modell sein Original abbilden soll, helfen aber nicht weiter. Denn sie stellen entweder Leerformeln dar oder beruhen auf unerfüllbaren Voraussetzungen. Alle Bezugnahmen auf Ähnlichkeiten zwischen Modell und Original bleiben Leerformeln, solange keine intersubjektiv nachprüfbaren Ähnlichkeitsmaßstäbe definiert werden. Letzteres geschieht aber bei ähnlichkeitsbezogenen Definitionen des Modellbegriffs i.d.R. nicht."

[114] Bretzke (1980, S. 32 f.).

[115] S. hierzu z.B. Albert (1972, S. 24): „Der theoretische Pluralismus, der unter dem Gesichtspunkt des Erkenntnisfortschritts als vorteilhaft zu beurteilen ist, hat [...] Konsequenzen für die [...] Praxis [...], die darauf hinauslaufen, die Problematik der praktischen Anwendung von Erkenntnissen komplexer zu machen, als sie in der Perspektive des theoretischen Monismus erscheint."

[116] Aus diesem Grunde ist auch die in der Literatur häufig verwendete Differenzierung in gut- und schlecht-strukturierte Entscheidungsprobleme fragwürdig.

3.2.2. Entscheidbarkeit von Personalproblemen

3.2.2.1. Legitimationsproblematik betrieblicher Personalentscheidungen

Wir haben bereits eingangs festgestellt, daß sich die entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre mit ökonomisch legitimierbaren Entscheidungen zur Lösung von Personalproblemen befaßt. Als Folge dieser Auffassung ist zu klären, was ökonomische Legitimierbarkeit personalwirtschaftlicher Entscheidungen inhaltlich bedeutet.[117] Wir wollen diese Frage über die Behandlung verschiedener Arten der Legitimierung zu beantworten versuchen und dabei die Arten der Legitimierbarkeit zum einen bzgl. verschiedener Legitimationsquellen (a) und zum anderen hinsichtlich des Zeitbezugs (b) differenzieren.[118]

ad (a): Personalentscheidungen können unter Rückgriff auf verschiedene (primäre und sekundäre) Legitimationsbasen begründet werden. Auf der Ebene der primären Legitimationsquellen[119] unterscheiden wir die technologische (bzw. technisch-organisatorische) von der sozio-kulturellen, der politisch-rechtlichen und der ökonomischen Legitimierbarkeit.[120] Ausgehend von einer weiten (betriebswirtschaftlichen) Begriffsauslegung verstehen wir unter einer Technologie die Menge aller von der Unternehmung realisierbaren (und letztendlich der Erfüllung des Betriebszwecks dienenden) Aktivitäten.[121] Entscheidungen sind demzufolge technologisch legitimierbar, wenn ihre Umsetzung „technisch machbar" ist. Wir bezeichnen Entscheidungen dann als sozio-kulturell legitimierbar, wenn die resultierenden Handlungen (bzw. die antizipierten Handlungsfolgen) „sozial vertretbar" sind, d.h. wenn sie mit Blick auf

---

[117] Zur Enstehung von Legitimationsproblemen s. Türk (1978, S. 220): „Legitimationsprobleme entstehen [...] dann, wenn Rechtfertigungsgrundlagen oder Konsens für personalrelevante Entscheidungen prekär werden. Mit zunehmendem Bewußtsein von der Kontingenz der sozialen Welt nimmt der Legitimationsbedarf für Entscheidungen zu. In einer Gesellschaft, die ihre [...] Entscheidungskriterien weder (ausschließlich; T.S.) aus Religion noch aus Tradition oder einem mythischen Wertekanon bezieht, sondern prinzipiell alles zur Disposition stellt, ist Legitimation stets ein Problem." Zum Zusammenhnag zwischen Sozialisation und Legitimation s. ebenfalls Türk (1981, S. 134): „Gelernte und verinnerlichte Deutungsmuster, die als Reflex geltender Systemverhältnisse anzusehen sind, dienen somit der selektiven, Relevanz zuschreibenden Wahrnehmung und Interpretation von Objekten, Prozessen, Strukturen und Ereignissen. Insoweit solche Vermittlungsprozesse störungsfrei verlaufen [...] haben die internalisierten Deutungsmuster legitimatorische Funktion für das bestehende System. Je mehr Deutungsmuster – wie z.B. ökonomische Rationalität, Sachfunktionalität, Leistungsprinzip [...] usw. – [...] in intensiver Weise im Wege von Sozialisations- und Individuationsprozessen einstudiert werden, mit desto weniger Legitimationsproblemen muß man rechnen."

[118] Vgl. Kossbiel/Spengler (1997)

[119] Vgl. Kossbiel (1997)

[120] Die hier vorgenommene Unterscheidung von Legitimationsquellen lehnt sich an das bewährte – auf Farmer/Richman (1970, S. 28 ff.) zurückgehende - Differenzierungsschema genereller (Umwelt-)Bedindungen [vgl. z.B. Bleicher (1979, S. 13 ff.) sowie Röthig (1982, S. 9 ff.)] an.

[121] Vgl. Wittmann (1982, S. 20 ff. u. passim).

die gesellschaftliche Wertekonfiguration und das daraus abgeleitete Normengefüge gerechtfertigt werden können.[122] Entscheidungen gelten als politisch-rechtlich legitimierbar, wenn sie nicht gegen das vom Staat und dessen Institutionen (übergeordnete Politiksysteme) geschaffene juristische Regelwerk verstoßen und insofern „rechtlich zulässig" sind. Als ökonomisch legitimierbar kennzeichnen wir solche Entscheidungen, die – dem ökonomischen Minimal- oder Maximalprinzip folgend – „wirtschaftlich vernünftig" sind.

Bevor wir auf die sekundären Legitimationsbasen zu sprechen kommen, wollen wir das Verhältnis zwischen ökonomischer Legitimierbarkeit sowie den drei anderen primären Legitimationsquellen thematisieren und dabei die jeweiligen Ausprägungen dichotom differenzieren. Dies führt zu insgesamt zwölf logisch möglichen Fällen, die in *Tab. 3* skizziert werden:

Betriebliche Entscheidung	*Ökonomisch vernünftig*	*Ökonomisch unvernünftig*
Technisch machbar	Positive Komplementarität	Konkurrenz
Technisch nicht machbar	Unmöglichkeit	Unmöglichkeit
Sozial vertretbar	Positive Komplementarität	Konkurrenz
Sozial nicht vertretbar	Konkurrenz	Negative Komplementarität
Rechtlich zulässig	Positive Komplementarität	Konkurrenz
Rechtlich unzulässig	Konkurrenz	Negative Komplementarität

Tab. 3: Beziehungen zwischen primären Legitimationsbasen betrieblicher Entscheidungen

Bei dichotomer Abgrenzung des „technisch" Machbaren vom „technisch" nicht Machbaren ist die technologische Legitimierbarkeit immer conditio sine qua non für die ökonomische, denn was aufgrund „fehlender verfahrensmäßiger Voraussetzun-

[122] Ohne an dieser Stelle näher darauf eingehen zu wollen, weisen wir darauf hin, daß sozial vertretbare Entscheidungen nicht notwendigerweise (im Einzelfall) sozial verträglich sondern lediglich sozial durchsetzbar sein müssen.

gen"[123] nicht realisiert werden kann, bedarf auch nicht der ökonomischen Begründung. Auf der anderen Seite ist nicht alles technisch Machbare auch ökonomisch sinnvoll; technisch machbare und zugleich ökonomisch unvernünftige Handlungen stellen trotz der grundsätzlich vorliegenden Konkurrenz – zumindest durch die Unterlassungsalternative – dominierte Handlungsalternativen dar. Diese Zusammenhänge werden bereits seit langem in der aktivitätsanalytischen Produktionstheorie thematisiert, z.B. über die (für Möglichkeitsanalysen erforderlichen) Axiome der Abgeschlossenheit von Technologien und der Irreversibilität von Aktivitäten (Trennung des Machbaren vom nicht Machbaren) oder über die Betrachtung des effizienten Randes der Technologie, auf dem ökonomische Wirkungsanalysen basieren.[124]

Technisch machbares (bzw. sozial vertretbares oder rechtlich zulässiges) und ökonomisch vernünftiges Handeln ist (jeweils) durch das Verhältnis der positiven Komplementarität bezüglich der Legitimationsquellen gekennzeichnet. Demgegenüber bezeichnen wir das Verhältnis der Legitimationsbasen bei sozial nicht vertretbarem (bzw. rechtlcih unzulässigem) und zugleich ökonomisch unvernünftigem Handeln als negativ komplementär.

Bei ökonomisch vernünftigem und sozial nicht vertretbarem (oder rechtlich unzulässigem) Handeln sowie bei ökonomisch unvernünftigem und sozial vertretbarem (oder rechtlich zulässigem) Handeln bestehen Konkurrenzverhältnisse. Diese Fälle führen – als Resultat erforderlicher Kompromißlösungen - dazu, daß entweder durch rechtliche bzw. sozio-kulturelle Normen Spielräume für ökonomisch sinnvolles Handeln eingeschränkt werden oder daß (bereits realisierte bzw. für die Zukunft erforderliche) ökonomisch sinnvolle Maßnahmen zu Änderungen in der Bewertung rechtlicher Zulässigkeit bzw. sozialer Vertretbarkeit führen.[125]

Die Ausprägungen der primären Legitimationsbasen werden von sekundären Legitimationsquellen determiniert, wobei wir ohne Anspruch auf Vollständigkeit sechs für (besonders) relevant halten, die jeweils unterschiedliche Grade an Affinität zu den primären Quellen aufweisen und zwischen denen Interdependenzen auftreten können.[126]

---

[123] Vgl. Kossbiel (1997).

[124] Vgl. Wittmann (1968).

[125] Die in den 50er Jahren (unter der plakativen Forderung der Gewerkschaften: „samstags gehört Vati mir") geführte Debatte um die Einführung der Fünf-Tage-Woche läßt sich hier ebenso als Beispiel anführen wie die Änderung des Lohnfortzahlungsgesetzes in der jüngeren Vergangenheit. Im ersten Beispiel wird ökonomisch sinnvolles Handeln (Stichwort: „Samstagsarbeit") durch sozio-kulturelle Normen (Stichwort: „Familienfeindlichkeit der Samstagsarbeit") eingeschränkt, im zweiten Beispiel führen die ökonomischen Vorteile einer Einschränkung der Lohnfortzahlung zu einer Änderung des Lohnfortzahlungsgesetzes.

[126] Vgl. Abb. 9.

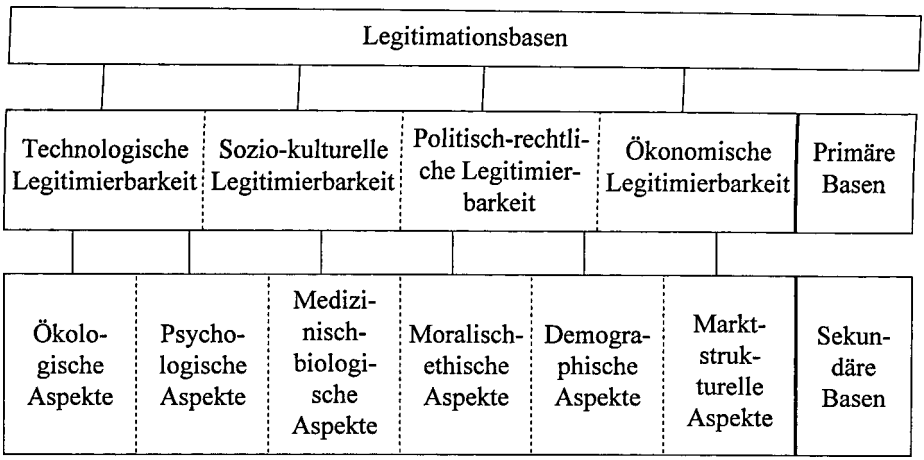


Abb. 9: Primäre und sekundäre Legitimationsbasen

Wir wollen selektiv und eher skizzenhaft auf einige Dependenzen zwischen primären und sekundären Legitimationsquellen eingehen:

- Beispielsweise führen (negative) ökologische Effekte überkommener Produktionsprogramme und –verfahren seit längerem zu (sozio-kulturellen) Neubewertungen (Stichworte: Fortschrittsgläubigkeit, quantitatives und qualitatives Wachstum), die z.T. in Gesetzeswerken Eingang finden (Umweltschutzrichtlinien) und dann Änderungen in der betrieblichen Technologie notwendig machen.
- Die Angebots- und Nachfrageverhältnisse auf Produkt- und Faktormärkten wirken sich durch entsprechende Mengen- und Preisrestriktionen vor allem auf die ökonomische Legitimierbarkeit ggf. auch auf die technische Machbarkeit aus. Ähnliches gilt für demographische Entwicklungen.
- Ein hohes Maß an Affinität besteht zwischen Entwicklungen moralisch-ethischer Grundhaltungen und sozio-kultureller Legitimierbarkeit.
- Psychologische Aspekte entfalten vor allem Wirkungen auf die sozio-kulturelle, politisch-rechtliche und ökonomische Legitimierbarkeit von Entscheidungen, und zwar u.a. durch die zwischen intraindividuellen und sozialen Konflikten auftretenden Interdependenzen[127], durch intrapsychische Zustände beeinflußte Konkretisierungen ökonomischer Nutzenfunktionen (Stichwort: Valenzbeitrag von Handlungsalternativen) etc.
- Auch medizinisch-biologische Aspekte wirken sich auf alle vier primären Legitimationsbasen aus. Medizinische Fortschritte können beispielsweise technisch

[127] Vgl. z.B. Mentzos (1996, S. 115 ff., insbes. S. 135 – 140).

bislang nicht Machbares machbar werden lassen aber auch Debatten hinsichtlich sozialer Vertretbarkeit auslösen (Stichworte: Gentechnologie, Klonen etc.).

Für die entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre folgt aus dem bisher Ausgeführten das Primat der ökonomischen Legitimierbarkeit, das sich in zwei Aspekten konkretisiert: Während bei der Entwicklung personalwirtschaftlicher Entscheidungskalküle darauf zu achten ist, daß die resultierenden Entscheidungen (grundsätzlich) ökonomisch legitimiert sein können, müssen in den Fällen konkreter Kalkülanwendung die Entscheidungen de facto ökonomisch legitimiert sein. Die anderen Legitimationsquellen können bzw. sollen zwar im Zuge personalwirtschaftlicher Entscheidungsprozesse berücksichtigt werden, sie dürfen jedoch aufgrund des wirtschaftswissenschaftlichen Bezugs der Disziplin keine dominante Stellung erreichen.[128] In der Systematik des Handlungsstrukturmodells lassen sich die ökonomische Legitimierbarkeit im Bereich der personalwirtschaftlichen Ziele und die anderen Legitimationsbasen im Bereich der Konditionen verorten.

ad (b): Eine andere Differenzierung von Personalentscheidungen betrifft den Zeitbezug. Wir sprechen von retrospektiver Legitimierbarkeit, wenn Entscheidungen mit Einflüssen und Eingriffen aus der Vergangenheit gerechtfertigt werden (können) und von prospektiver Legitimierbarkeit, wenn Entscheidungen mit erwarteten induzierten oder autonomen Änderungen zu begründen sind.[129] In wissenschaftstheoretischer Diktion steht bei retrospektiver Legitimierung das Erklärungsziel und bei prospektiver Legitimierung das Gestaltungsziel im Vordergrund, so daß wir unsere Ausführungen an dieser Stelle auf die letztgenannte Spielart beschränken können.

Die mit Bemühungen um prospektive Legitimierung von Personalentscheidungen verbundenene Problematik liegt vor allem darin, daß Prognosen über eine ungewisse Zukunft anzustellen sind und erhebliche Fehlerquellen darstellen können. Wir wollen dies vor dem Hintergrund des Handlungsstrukturmodells verdeutlichen: Eine Personalentscheidung zu treffen, bedeutet Thematisierung des Selektivitätszusammenhangs zwischen personalwirtschaftlichen Zielen und Instrumenten. Um dies sinnvoll bewerkstelligen zu können, sind (potentielle) Kausalitätszusammenhänge zu analysieren, und zwar einerseits zwischen personalwirtschaftlichen Instrumenten und Effekten (bei alternativen Bedingungen) sowie andererseits zwischen personalwirtschaftlichen Konditionen und Effekten (bei alternativen Instrumenten). Diese Wirkungsanalysen

[128] Zum Primat der ökonomischen Legitimierbarkeit s. z.B. die Ausführungen bei Klingel (1929, S. 5; Hervorh. i. Orig.): „Lediglich die Wahrung der Interessen des Betriebes kann somit der höhere Zweck jeder Auseinandersetzung mit dem Personalproblem [...] sein, und als wesentlich für dessen Behandlung erachten wir aus diesem Grunde die rein betriebswirtschaftliche Einstellung [...]. Sowohl der privatwirtschaftlich-egoistische Standpunkt des Unternehmers als auch der einseitig-sozialpolitische Standpunkt des Arbeitnehmers müssen gemieden werden. Die dankbare Aufgabe des Betriebswirtschaftlers besteht darin, jene einander entgegenwirkenden Interessensphären in Einklang zu bringen."

[129] Vgl. Kossbiel (1997).

basieren auf (meist) nomologisch-induktiven Erklärungen und sind aufgrund der Kontingenz, Komplexität und Dynamik der Kausalitätszusammenhänge mit erheblichen Schwierigkeiten der Datenerhebung und Datenamalgamation verbunden, die sich (nicht zuletzt) in meßtheoretischen Problemen spiegeln.

3.2.2.2. Meßtheoretische Überlegungen

Die Möglichkeit der (rationalen) Lösung personalwirtschaftlicher Probleme hängt maßgeblich davon ab, inwieweit es dem Entscheidungsträger gelingt, die jeweiligen Modellkomponenten zu präzisieren und die Beziehungen zwischen den verschiedenen Modellkomponenten, vor allem zwischen den Handlungsalternativen bzw. deren Zielbeiträgen, zu konkretisieren.[130] Es geht also darum, wie diese erfaßt (d.h. wie sie gemessen) werden können. Die Theorie des Messens beschäftigt sich damit, wie man Objekten, die bezüglich ihrer Eigenschaften in Relation zueinander stehen, Prädikate[131] so zuordnen kann, daß die Relation der Prädikate den Relationen der Objekte bzw. ihrer Eigenschaften entsprechen. Nach Maßgabe der zulässigen Relationen und Transformationen erhält man verschiedene Skalenarten. Wir charakterisieren im folgenden Nominal-, Ordinal-, Intervall-, Verhältnis- und absolute Skalen:[132]

Bei den sog. Nominalskalen werden die betrachteten Objekte ohne Rangordnung in Klassen[133] eingeteilt (z.B. Steuerklassen, Geschlechts- oder Religionszugehörigkeit). Zuordnungskriterium ist somit nur die Identität bzw. Diversität der Merkmale: Alle Objekte, die bzgl. des betrachteten Merkmals identisch sind, werden somit (genau) einer Klasse zugeordnet. Dies bedeutet, daß nominalskalierte Merkmalsausprägungen gegenüber bijektiven (symmetrischen) Transformationen invariant sind, da Abstände und Größenverhältnisse von Skalenwerten nicht sinnvoll interpretiert werden können, denn wenn zwei Objekte x und y bzgl. eines Merkmals identisch (bzw. divers) sind, muß lediglich gewährleistet sein, daß ihnen derselbe Skalenwert $\varphi(x) = \varphi(y)$ (bzw.

---

[130] Vgl. z.B. Bosch (1992, S. 71) sowie Bitz (1977, S. 90).

[131] Welcher Art die zugewiesenen Prädikate sind, hängt – wie wir unten sehen werden - ab vom Skalenniveau. Nominal und ordinal skalierte Merkmale lassen sich z.B. durch Buchstaben oder Zahlen (oder geeignete Kombinationen) unterscheiden (z.B. Autokennzeichen, Güteklassen), auf höheren Skalenniveaus werden Zahlenwerte in Ansatz gebracht (z.B. Maße für Länge, Gewicht etc.).

[132] Vgl. z.B. Adam (1959), Bitz (1977, S. 81 ff.), Campbell (1953, S. 109 ff.), Hammann/Erichson (1994, S. 68 ff.), Hujer/Cremer (1977), Schmid (1988), Pfanzagl (1959), Wollenhaupt (1982, S. 74 ff.), Mayntz/Holm/Hübner (1969, S. 33 ff.), Kirman (1981), Menges/Skala (1973), Opitz/Schader (1984), Opitz et al. (1984) und Schneeweiß (1963, S. 179 ff.).

[133] Es handelt sich dabei um als Äquivalenzklassen oder Fasern bezeichnete (paarweise disjunkte, nicht-leere) Mengen, die aus zueinander in Äquivalenzrelationen (d.h. reflexiven, symmetrischen und transitiven Relationen) stehenden Elementen konstituiert werden [vgl. Reinhard/Soeder (1987, S. 31)].

unterschiedliche Skalenwerte $\varphi(x) \neq \varphi(y)$) zugeordnet wird (bzw. werden). Arithmetische Operationen mit nominalskalierten Werten sind also sinnlos.[134]

Ordinalskalen[135] kennzeichnen neben der Identität bzw. Diversität auch die Rangfolge der Merkmalsausprägungen (z.B. Schulnoten, Güteklassen bei Lebensmitteln oder nach dem Rangfolgeverfahren bestimmte Arbeitswerte). Werden also zwei Objekte *x* und *y* bezüglich eines Merkmals verglichen und ist dieses Merkmal bei Objekt *x* stärker ausgeprägt als bei Objekt *y*, dann muß für die Skalenwerte $\varphi(x)$ und $\varphi(y)$ die Beziehung $\varphi(x) > \varphi(y)$ gelten. Bei Ordinalskalen sind streng monotone Transformationen informationserhaltend[136]. Da Abstände und Größenverhältnisse zwischen den Skalenwerten nicht sinnvoll interpretiert werden können, sind arithmetische Operationen unzulässig.

Werden Merkmalsausprägungen auf Intervallskalenniveau gemessen (z.B. Temperaturmessung in °Celsius, Kalenderzeitrechnung oder kardinale Nutzenmaße), so geben die entsprechenden Skalenwerte Auskunft bzgl. Identität bzw. Diversität, Rangfolge und den Abstand der gemessenen Sachverhalte. Intervallskalen sind bis auf den Skalennullpunkt und die Maßeinheit eindeutig festgelegt, so daß zwar die Differenz zweier Skalenwerte (als Abstand) nicht aber die Größenverhältnisse von Skalenwerten sinnvoll interpretiert werden können[137] und die Skalenwerte gegenüber positiv

---

[134] Wenn Mitarbeiter *x* z.B. der Steuerklasse 1 [$\varphi(x) = 1$] und Mitarbeiter *y* der Steuerklasse 3 [$\varphi(y) = 3$] angehört, dann können der Abstand $\varphi(y) - \varphi(x) = 2$ und das Verhältnis $\varphi(y)/\varphi(x) = 3$ der Skalenwerte ebensowenig interpretiert werden, wie deren Summe oder Produkt.

[135] Diese werden auch als topologische Skalen bezeichnet.

[136] Jede Ordinalskala φ kann also in eine andere (Ordinal-) Skala φ' transformiert werden, wenn gewährleistet wird, daß die Rangfolge der Merkmalsausprägungen erhalten bleibt, d.h. wenn vor der Transformation $\varphi(x) > \varphi(y)$ [bzw. $\varphi(x) = \varphi(y)$] gilt, muß nach der Transformation $\varphi'(x) > \varphi'(y)$ [bzw. $\varphi'(x) = \varphi'(y)$] gelten. Werden z.B. drei Mitarbeiter *x*, *y* und *z* hinsichtlich ihres Entwicklungspotentials beurteilt und dabei das Entwicklungspotential von *x* höher als das von *y* und dessen Entwicklungspotential wiederum höher als das von *z* eingeschätzt, so können z.B. die Skalenwerte $\varphi(x) = 3$, $\varphi(y) = 2$ und $\varphi(z) = 1$, aber mit gleichem Informationsgehalt auch die Skalenwerte $\varphi'(x) = 3$, $\varphi'(y) = 1{,}3$ und $\varphi'(z) = 0{,}15$ vergeben werden. Unzulässig wäre es hingegen, die Werte $\varphi''(x) = 3$, $\varphi''(y) = 1$ und $\varphi''(z) = 2$ zuzuordnen.

[137] Beträgt z.B. in einer Gießerei die Umgebungstemperatur an einem Ofen *x* $\varphi(x)$=30 °C, an einem Ofen *y* $\varphi(y)$=40 °C und an einem Ofen *z* $\varphi(z)$=60 °C, so kann man zwar feststellen, daß sich die Umgebungstemperaturen zwischen Ofen *z* und Ofen *y* [$\varphi(z) - \varphi(y) = 20\,°C$] stärker unterscheiden als zwischen Ofen *y* und Ofen *x* [$\varphi(y) - \varphi(x) = 10\,°C$], man kann aber nicht folgern, daß es am Ofen *z* doppelt so warm ist wie am Ofen *x*. Denselben Informationsgehalt erzielt man bei Umrechnung von Celsius- in Fahrenheit-Werte, denn die entsprechende Transformationsvorschrift lautet „$\varphi'(x) = 1{,}8 \cdot \varphi(x) + 32$" [vgl. Schmid (1988, S. 551)] und führt zu den Umgebungstemperaturen $\varphi'(x)$=86 °F, $\varphi'(y)$=104 °F und $\varphi'(z)$=140 °F.

linearen (affinen) Transformationen[138] invariant sind. Als arithmetische Operationen kommen die Subtraktion von Skalenwerten sowie die Division von Skalenwertdifferenzen[139] in Betracht, während die Division von Skalenwerten unzulässig ist.

Verhältnisskalen (Ratioskalen) besitzen einen natürlichen Nullpunkt und sind bis auf die Maßeinheit eindeutig bestimmt (z.B. Körpergröße, Gewicht oder Einkommen). Neben Identität bzw. Diversität, Rangfolge und Abstand informieren sie also auch über die Größenverhältnisse zwischen den Skalenwerten, d.h. der Quotient zweier Skalenwerte $\varphi(x)/\varphi(y)$ besagt, um wieviel das zu beurteilende Merkmal bei Objekt x stärker ausgeprägt ist als bei Objekt y. Zulässig sind somit lediglich sog. Ähnlichkeitstransformationen[140].

Absolute Skalen sind eindeutig bestimmt, denn neben dem (natürlichen) Nullpunkt ist auch die Maßeinheit eindeutig (z.B. relative Häufigkeiten bei statistischen Untersuchungen oder Leistungsfaktoren von Arbeitskräften).[141]

Die geschilderten meßtheoretischen Überlegungen sind auch bei der Konstruktion von Modellen der strategischen Personalplanung zu beachten, und zwar im wesentlichen aus folgenden Gründen: Die von uns favorisierte konstruktivistische Auffassung von Entscheidungsmodellen bedeutet, daß diese nicht Rekonstruktionen realer, vorgegebener Strukturen, sondern Konstruktionen darstellen, „[...] mit denen einem Problem regelmäßig eine Eigenschaft hinzugefügt wird, die ihm ursprünglich nicht zukam: Entscheidbarkeit."[142] Entscheidungsmodelle sind also so zu formulieren, daß Probleme, die zunächst als relativ unscharf und komplex wahrgenommen werden, entscheidbar gemacht werden[143], d.h. die Kunst liegt vor allem in der Modellkonstruktion und erst nachrangig in der Generierung der Modellösung.

Die Entscheidbarkeit personalwirtschaftlicher Probleme (bzw. die Güte personalwirtschaftlicher Entscheidungen) hängt maßgeblich vom Informations- und vom Wahrheitsgehalt der in das Modell eingebrachten und der vom Modell ausgebrachten Aussagen ab. Da zwischen den beiden Kriterien Informations- und Wahrheitsgehalt regelmäßig Zielkonflikte bestehen, kommt es darauf an, einen angemessenen Kompromiß

---

[138] Ein Skalenwert $\varphi(x)$ kann in einen Skalenwert $\varphi'(x)$ nach jeder beliebigen Vorschrift vom Typ „$\varphi'(x) = a \cdot \varphi(x) + b$, mit $a>0$ und b beliebig" transformiert werden.

[139] Im obigen Beispiel gilt, daß sowohl bei Temperaturangaben in °C als auch bei Angaben in °F der gemessene Temperaturunterschied zwischen Ofen z und Ofen y doppelt so hoch ist wie der gemessene Unterschied zwischen Ofen y und Ofen x.

[140] Ein Skalenwert $\varphi(x)$ kann in einen Skalenwert $\varphi'(x)$ nach jeder beliebigen Vorschrift vom Typ „$\varphi'(x) = a \cdot \varphi(x)$, mit $a>0$" transformiert werden.

[141] Sie gehören - ebenso wie die Intervall- und Verhältnisskalen - zu den sog. metrischen Skalen (Kardinalskalen).

[142] Bretzke (1980, S. 35).

[143] Entscheidungsmodelle dienen nicht der Abbildung sondern der Lösung von Entscheidungsproblemen [vgl. ebd., S. 35].

zu finden[144], der sich in den Skalenniveaus der Modellelemente niederschlägt. Auf welchem Skalenniveau ein Element im Entscheidungsmodell erfaßt wird, ist vor allem von der Differenziertheit und der Reichweite[145] der Planung[146] - und zwar in temporaler, lokaler und sozialer Hinsicht - abhängig.

Eine Ausdehnung der Reichweite in temporaler Hinsicht bedeutet, daß Daten für längere Zeiträume prognostiziert werden, bei wachsender lokaler Reichweite sind Daten für mehrere Sektoren, hierarchische Ränge oder Regionen und bei zunehmender Reichweite in sozialer Hinsicht sind sie bezüglich Personenmehrheiten zur Verfügung zu stellen. Daneben stellen sich bei gegebener Reichweite die Fragen nach dem erforderlichen und nach dem möglichen Grad an Differenzierung der Modellelemente. So ist z.B. zu klären, ob und wie man bei einer auf fünf Jahre angelegten Planung den Planungszeitraum in Teilperioden zerlegt, wobei das Ausmaß der Periodenschneidung von der Häufigkeit und Bedeutsamkeit der Datenänderungen sowie den jeweiligen Prognosemöglichkeiten determiniert wird. Mit zunehmender Fristigkeit des Planungszeitraums ist man beispielsweise aufgrund der tendenziell zunehmenden Prognoseproblematik auf Periodenschneidungen geringerer Feinstufigkeit angewiesen.[147] Bei Betrachtung von Personenmehrheiten liegt häufig eine Differenzierung der Arbeitskräfte nach deren Qualifikationen nahe, so daß zu klären ist, ob man lediglich Äquivalenzklassen bezüglich ihrer Verwendungsmöglichkeiten bilden kann oder ob auch die Leistungsbeiträge auf höherem Skalenniveau erfaßt werden können.[148]

Wir wollen die obigen Ausführungen anhand eines einfachen Beispiels verdeutlichen: Ein Betrieb habe festgestellt, daß sein Bedarf an Arbeitskräften ($\overline{PB}_{qt}$) zur Erledigung verschiedener Tätigkeiten q in den nächsten Perioden t Schwankungen unterliegen wird, so daß Entscheidungen über die nach Qualifikationskategorien r differenzierte Personalausstattung (PA_{rt}) und den Personaleinsatz (PE_{rqt}) für diesen Zeitraum zu treffen sind. Jede Arbeitskraft erhält einen qualifikations- und periodenabhängigen Lohn GK_{rt}. Das Entscheidungsproblem ist auf der Basis dieser Vorgaben derart zu lösen, daß die Lohnsumme minimiert wird. Bezeichnet man außerdem mit

---

[144] Absolut wahr sind Aussagen, die keinen Sachverhalt ausschließen. Der Informationsgehalt einer Aussage steigt hingegen mit dem Umfang der von ihr ausgeschlossenen Sachverhalte und somit mit der Universalität der Wenn- und der Präzision der Dann-Komponente [vgl. Chmielewicz (1988, S. 458 ff.)].

[145] Vgl. auch Abschnitt B.2.3.2. (S. 30 ff.) der vorliegenden Arbeit.

[146] Vgl. Kossbiel (1993, Sp. 3129 f.).

[147] Vgl. Kossbiel (1988, S. 1096 f.).

[148] Eine andere Möglichkeit der Differenzierung von Personalausstattungskategorien – und zwar nach dem Leistungs- und Entwicklungspotential von Arbeitskräften – wird im sog. Personal-Portfolio von G.S. Odiorne (1984, S. 66) verwendet. Odiornes Differenzierung führt zu insges. vier Äquivalenzklassen, die jedoch keine differenzierten Aussagen über eine ökonomisch sinnvolle Strukturierung der Personalausstattung zulassen [vgl. Kossbiel/Spengler (1998)].

$\overline{R} := \{r|r = 1,2,...,R\}$ die Menge der Arbeitskräftekategorien,

$\overline{Q} := \{q|q = 1,2,...,Q\}$ die Menge der Tätigkeitsarten,

$\overline{T} := \{t|t = 1,2,...,T\}$ die Menge der Teilperioden,

$R_q := \{r|r \in \overline{R}\}$ die Menge der Arbeitskräftekategorien die zur Erledigung von Tätigkeiten der Art q herangezogen werden können und mit

$Q_r := \{q|q \in \overline{Q}\}$ die Menge der Tätigkeitsarten, die von Arbeitskräften der Art$r$ erledigt werden können,

dann läßt sich das folgende lineare Entscheidungsmodell formulieren:

Zielfunktion:
$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R} GK_{rt} \cdot PA_{rt} \rightarrow \min!$$

Restriktionen:
$$\overline{PB}_{qt} = \sum_{r \in R_q} PE_{rqt} \quad \forall q,t$$

$$\sum_{q \in Q_r} PE_{rqt} \leq PA_{rt} \quad \forall r,t$$

$$PE_{rqt} \geq 0 \quad \forall r, q \in Q_r, t$$

$$PA_{rt} \geq 0 \quad \forall r,t$$

Als Ergebnis entsprechender Modellrechnungen erhält man die optimale Personalbereitstellung im Planungszeitraum, d.h. das Modell ist (grundsätzlich) geeignet, Entscheidungen darüber zu generieren, wieviele Arbeitskräfte der betrachteten Qualifikationsgruppen in den einzelnen Teilperioden lohnkostenminimal bereitgestellt werden sollen und welche Tätigkeiten von diesen jeweils (nicht) zu erledigen sind. Die Entscheidungssituation wird in diesem Beispiel so beschrieben, daß man bei der Modellformulierung mit nominal- und ratioskalierten Merkmalen konfrontiert wird, denn die Indexmengen $\overline{R}$, $\overline{Q}$, $\overline{T}$, R_q und Q_r beschreiben Äquivalenzklassen, während die Lohnkostensätze, die Personalbedarfsdaten sowie die Personalausstattungs- und die Personaleinsatzvariablen auf Verhältnisskalenniveau liegen. Die Problemstellung kann selbstverständlich in mehrfacher Hinsicht abgeändert werden: Z.B. könnte man

- über differenzierte (absolut skalierte) Leistungsfaktoren α_{rq} im Modell berücksichtigen, daß Arbeitskräfte, die in der Äquivalenzklasse $\overline{R}$ erfaßt werden nicht bei jeder Tätigkeitsart auf demselben Leistungsniveau arbeiten,
- über die Integration von Absentismus- und Fluktuationsraten autonome Änderungen der Personalausstattung in Ansatz bringen oder

- durch Einstellungs- und Entlassungsobergrenzen sowie entsprechende Kostensätze induzierte Änderungen der Personalausstattung differenzierter erfassen etc.

Wie dem auch sei, der Modellentwickler stellt die technologische Prognose an, daß bei einer Realisierung der aus dem Modell errechneten Variablenausprägungen, die entsprechende Zielfunktionsausprägung realisiert wird. Der Wahrheitsgehalt einer solchen Prognose ist jedoch fragwürdig: Hegt man vorab begründete Zweifel an ihrer Gültigkeit, z.B. weil man nicht in der Lage ist, durchweg deterministische Daten in Ansatz zu bringen, dann ist das Modell in geeigneter Weise (z.B. durch Berücksichtigung nicht-deterministischer Personalbedarfe) zu reformulieren. Bei der Findung eines Kompromisses zwischen Informations- und Wahrheitsgehalt der Modellaussagen ist jedenfalls regelmäßig der Konflikt zwischen niedrigem Skalenniveau bei relativ einfacher Ermittelbarkeit der Daten einerseits und hohem Skalenniveau bei relativ schwieriger Ermittelbarkeit der Daten andererseits zu lösen.[149] Die Lösung der genannten Konflikte gelingt nach unserer Auffassung jedoch nicht durch völligen Verzicht auf modelltheoretische Überlegungen.[150]

3.2.2.3. Lösungsprozedurale Überlegungen

Aus den Ausführungen des letzten Abschnitts ist ersichtlich, daß die Aufgabe personalwirtschaftlicher Entscheidungsmodelle darin besteht, unter Beachtung der vom Entscheidungsträger als relevant erachteten Konditionen personalwirtschaftliche Probleme so zu lösen, daß der Grad der Zielerreichung möglichst groß ist. Aufgrund dieser relativ weiten Abgrenzung bezeichnen wir alle Entscheidungsmodelle, die primär auf die Lösung von Disponibilitätsproblemen oder primär auf die Lösung von Funktionalitätsproblemen oder auf die simultane Lösung beider Probleme gerichtet sind, als Personalplanungsmodelle.[151]

Die Entscheidbarkeit von Personalproblemen hängt auch von den einsetzbaren bzw. eingesetzten Lösungsprozeduren ab. Damit verbunden ist die Frage, auf welchem Niveau das Problem gelöst werden soll. Grundsätzlich wird man sich immer wünschen, die optimale Lösung zu finden. Es existieren jedoch (Personal-) Probleme, für die aufgrund ihrer Komplexität und Kompliziertheit keine beste Lösung im Sinne des

[149] Vgl. Kossbiel/Spengler (1997, S. 70) sowie Rieper (1992, S. 22).

[150] Eine entsprechende Verzichtsforderung klingt (möglicherweise) in den folgenden Ausführungen von Sadowski (1991, S. 128) an: „[...] wird der ‚ingenieurwissenschaftliche', planungsorientierte Betriebswirt fortfahren, eine strategische Personalplanung zu empfehlen, die auf detaillierten, computerisierten Personalplanungsmodellen beruht, um noch besser und noch umfassender für die Eventualitäten der Zukunft gerüstet zu sein [...]. Wie aber interpretiert der Ökonom die vermutete Fehleinschätzung der Bedeutung einer systematischen Personalplanung [...]? Nun, ökonomisch ist zu vermuten, daß sich eine ausgeklügelte Personalplanung angesichts unsicherer Märkte nicht lohnt [...]."

[151] Eine engere Begriffsauslegung wird z.B. von Kossbiel (1988, S. 1105) vorgenommen. Vgl. auch Spengler (1993, S. 160 f.).

ökonomischen (Minimal- oder Maximal-) Prinzips abgeleitet werden kann, weil entweder noch keine geeigneten Verfahren vorliegen oder ein unvertretbarer Aufwand zu betreiben wäre. In solchen Fällen ist es durchaus sinnvoll, lediglich suboptimale Lösungen zu entwickeln, die zwischen dem Globaloptimum und einer zulässigen Ausgangslösung angesiedelt sind, oder sich gar nur mit letzterer zu begnügen.[152]

Lösungsprozeduren, die zum Globaloptimum führen, werden als (streng) optimierende Verfahren bezeichnet. Demgegenüber gelangt man durch die Anwendung von Näherungsverfahren (heuristischen Verfahren) zu einer suboptimalen Lösung im Sinne eines Lokaloptimums, Partialoptimums oder eines verfahrensinduziertenen Suboptimums.[153] In der vorliegenden Arbeit werden wir Modelle zur strategischen Personalplanung formulieren, die mit Verfahren der der mathematischen Programmierung gelöst werden können. Methodisch besonders ausgereift sind in diesem Bereich die Linearen Optimierungsmodelle. Diese bestehen aus einer linearen Zielfunktion und einem Satz linearer Restriktionen. Bezeichnet man mit

$\mathbf{C}: n \times 1$ den Vektor der Zielfunktionskoeffizienten,

$\mathbf{A}: m \times n$ die Matrix der Koeffizienten im Restriktionenraum,

$\mathbf{x}: n \times 1$ den Vektor der Entscheidungsvariablen,

$\mathbf{b}: m \times 1$ den Rechte Hand-Vektor (der Beschränkungsgrößen) und mit

$\vec{0}: n \times 1$ den Null-Vektor,

dann weisen Modelle der Linearen Programmierung in allgemeiner Schreibweise folgende Gestalt auf, wobei alle Daten und Relationen in deterministischer Form vorliegen:

$$\text{(LP.1)} \quad \mathbf{C}^{\mathbf{T}} \cdot \mathbf{x} \rightarrow \max \text{ oder } \min!$$

u.d.N.:

$$\text{(LP.2)} \quad \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} \leq \mathbf{b}$$

$$\text{(LP.3)} \quad \mathbf{x} \geq \vec{0}$$

Es werden somit in der Zielfunktion Extremierungs-, im Restriktionenraum hingegen Fixierungs- und Satisfizierungsziele beschrieben.[154] Lineare Optimierungsmodelle können i.d.R. auch bei größeren Problemstellungen durch den Einsatz geeigneter Standardsoftware relativ einfach gelöst werden. Lösungsprobleme treten mitunter bei Ansätzen des sog. Mixed Integer Programming auf, da aus den für Teile des Variablenvektors $\mathbf{x}$ erhobenen Ganzzahligkeitsforderungen, kombinatorische Effekte re-

[152] Vgl. z.B. Müller-Merbach (1985, S. 21-24 u. S. 290 ff.).

[153] Heuristische Verfahren können allenfalls zufällig zum Globaloptimum führen. Über die Optimalität erhält der Entscheidungsträger jedoch keine Kenntnis.

[154] Darüber hinaus können bei Verwendung unscharfer Daten und Relationen auch Approximierungsziele in Ansatz gebracht werden. Hierauf kommen wir unten zurück.

sultieren.[155] Ab einer „entsprechenden" Anzahl an Variablen und Restriktionen sind diese Effekte derart gravierend, daß sie eine Lösungsfindung in angemessener Zeit verhindern. Man ist dann auf die Entwicklung und Anwendung geeigneterHeuristiken angewiesen, sofern die Problemstellung nicht von vornherein „zurechtgeschnitten" werden kann.[156]

3.3. *Erklärung personalwirtschaftlicher Sachverhalte*

Eine explikativ ausgerichtete Personalwirtschaftslehre sucht nach Erklärungen für real vorfindbare Ausprägungen (bzw. Konfigurationen) der Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns.[157] Sie fragt also z.B. danach, warum die Fluktuationsrate eines Betriebes eine bestimmte Höhe erreicht hat (oder allgemeiner, wie Mitarbeiterfluktuation zustandekommt), warum sich die Personalverantwortlichen für ein bestimmtes Anreizsystem entschlossen haben oder warum die Personalausstattung eines Betriebes in bestimmter Weise strukturiert oder dimensioniert wurde.

Veränderungen personalwirtschaftlicher Elementarkategorien können betrieblicherseits schwer kontrollierbar oder sogar unbeeinflußbar sein; man spricht dann von autonomen Änderungen oder von Einflüssen. Menschliches Handeln unterliegt immer solchen Einflüssen. Man kann aber auch immer auf solche Einflüsse reagieren oder diese (in Grenzen) antizipieren und versuchen, Zukunft aktiv zu gestalten. Letztgenannte Änderungen werden als (betrieblicherseits) induzierte Änderungen oder Eingriffe bezeichnet. Die explikative Personalwirtschaftslehre sucht nach Erklärungen für autonome und induzierte Änderungen personalwirtschaftlicher Elementarkategorien, sofern diese in der Vergangenheit stattgefunden haben und sofern sie sich ökonomisch begründen lassen. Es geht ihr also um die Erklärung des Zustandekommens autonomer und um die retrospektive Begründung induzierter Änderungen von Personalvariablen.

Auf den zuletzt genannten Aspekt wollen wir abschließend etwas ausführlicher eingehen, indem wir die Frage thematisieren, inwiefern Personalentscheidungen (retrospektiv) ökonomisch „erklärt" werden können. Der Begriff der Erklärung ist in der

---

[155] Vgl. hierzu Fürst (1994, S. 54 ff.) und die dort angegebene Literatur.

[156] Auf den letztgenannten Aspekt der Komplexitätsreduktion kommen wir unten bei der Thematisierung von Anforderungen an die strategische Personalplanung zurück.

[157] Neben den hier behandelten inhaltlichen Unterschieden lassen sich (cum grano salis) auch hinsichtlich der je gewählten Methodik Unterschiede zur entscheidungsorientierten Personalwirtschaftslehre erkennen. Während die entscheidungsorientierte Personalwirtschaftslehre meist auf Verfahren und Modelle der mathematischen Optimierung zurückgreift, werden in der explikativen Personalwirtschaftslehre meist marginalanalytische Ansätze verwendet. Dies ist (zumindest z.T.) mit unterschiedlichen Ansprüchen hinsichtlich der Differenziertheit der Aussagen zu begründen. Vgl. hierzu z.B. Kossbiel (1997, S. 9 f.) sowie Sadowski (1991a, S. 313).

deutschen Sprache mit unterschiedlichen Inhalten belegt,[158] z.B. als Rekonstruktion (Erklärung i.S.v. Darlegung, Erläuterung, Veranschaulichung oder Aufklärung)[159] oder als Deklaration (Erklärung i.S.v. Verkündigung)[160]. Wir wollen nun ableiten, daß die explikative Personalwirtschaftslehre vielfach sinnvollerweise das letztgenannte Interpretationsmuster für den Begriff der Erklärung bemüht.

Bei unseren Überlegungen gehen wir von dem Beispiel aus, daß die Entstehung einer Personalausstattung nachvollzogen und vor allem überprüft werden soll, ob die aktuelle Personalausstattung eines Betriebes ökonomisch sinnvoll dimensioniert und strukturiert ist. Wollte man die Genese der Personalausstattung vollständig analysieren, müßten für alle Entscheidungszeitpunkte die von den Entscheidungsträgern verwendeten Entscheidungsmodelle rekonstruiert werden, man müßte also exakt und umfassend nachvollziehen, welche Konditionen und Effekte von den Entscheidungsträgern festgestellt und erwartet wurden, welche Ziele sie verfolgt und welche Handlungsalternativen sie erwogen haben. Eine solche Analyse kann (vor allem auch bei längeren Entstehungszeiträumen) schon alleine deshalb nicht vollständig sein, weil Erwartungen nicht beobachtet[161], sondern allenfalls abgefragt werden können und der Wahrheitsgehalt der Antworten (sofern diese überhaupt in ausreichendem Umfang erhältlich sind) schwierig zu beurteilen ist.[162] Man kann somit keine allzu hohen Ansprüche an die Vollständigkeit der Analyse stellen und wird sich deswegen mit einer Überprüfung zu begnügen haben, ob ein rationaler Entscheider, der über eine „gute" Kenntnis der Sachlage verfügt, zu denselben oder zu abweichenden Entscheidungen über die Personalausstattung gelangt wäre.

Eine explikative Personalwirtschaftslehre dieser Prägung geht also nicht von einer Antezedensbedingung, wonach die Entscheidungsträger ökonomisch rationales Handeln beabsichtigten, und von einer nomologisch-deduktiven oder –induktiven Aussage, wonach die Disposition zu ökonomisch rationalem Handeln in Verbindung mit weiteren Randbedingungen zu den getroffenen Entscheidungen führt, aus.[163] Sie ist somit nicht bemüht, bereits getroffene Entscheidungen ökonomisch zu rekonstruieren,

---

[158] Zur wissenschaftstheoretischen Auseinandersetzung mit dem Begriff der Erklärung und vor allem zum Zusammenhang von (nomologischem) Erklären und (deutendem) Verstehen vgl. z.B. Bretzke (1980, S. 48 ff.) und die dort angegebene Literatur.

[159] Beispiele: Ein Lehrer erklärt seinen Schülern eine chemische Formel, man erklärt, warum man den Zug verpaßt hat etc.

[160] Beispiele: Eine betriebliche Angelegenheit wird zur Chefsache erklärt, Unabhängigkeitserklärung eines Staates etc.

[161] Vgl. Schneider (1995, S. 72).

[162] Die Schwierigkeiten bei der Überprüfung der Antworten können z.B. darauf beruhen, daß die antwortenden Entscheidungsträger nicht einmal den Interviewer täuschen wollen, sondern sich selbst durch psychische Rationalisierung (unbewußt) täuschen, um kognitive Dissonanz zu reduzieren [vgl. z.B. Freud (1994, S. 174), Festinger (1957) sowie Frey (1980), ferner Türk (1989, S. 35)].

[163] Vgl. Hempel (1972, S. 254 ff.).

sondern sie untersucht vielmehr, ob Personalentscheidungen retrospektiv (auch) als ökonomisch rational deklariert werden können. „Ökonomische Rekonstruierbarkeit setzt [nämlich; *d. Verf.*] begriffsnotwendig die ökonomische Konstruiertheit der zu analysierenden Sachverhalte voraus. Eine Gleichsetzung von ökonomischer Legitimierbarkeit und ökonomischer Rekonstruierbarkeit würde dazu führen, daß zufälliges, unbedachtes und spontanes Handeln der Analyse auf ökonomische Vernünftigkeit entzogen würde."[164]

[164] Kossbiel (1997, S. 9): Zur Bedeutung des (hier angesprochenen) sog. situationsanalytischen Rationalprinzips s. Popper (1994, passim sowie S. 185; Hervorh. i. Orig.): „Es ist zuzugeben, daß keine schöpferische Handlung jemals vollständig erklärbar ist. Trotzdem können wir vermutungsweise versuchen, eine idealisierte Rekonstruktion der Problemsituation zu liefern, in der sich der Handelnde befand, und in diesem Maße die Handlung ‚verstehbar' (oder ‚rational verstehbar') zu machen, d.h. seiner Situation, wie er sie sah, angemessen. Diese Methode der Situationsanalyse läßt sich als eine Anwendung des Rationalprinzips auffassen." Vgl. auch die Ausführungen bei Schneider (1995, S. 13 f.).

C. Terminologische und methodische Grundlagen der strategischen Personalplanung

1. Grundbegriffe

1.1. Strategie und strategische Planung

Zum Begriff der strategischen Planung findet sich in der (mittlerweile kaum mehr zu überschauenden) Literatur eine Fülle von Definitionen bzw. Beschreibungen.[165] Wir wollen hier nicht die verschiedenen Begriffsexplikationen in ihrer Vielfalt nachzeichnen, sondern uns in der gebotenen Kürze auf als wesentlich zu erachtende Charakteristika beschränken. Bei der Lektüre einschlägiger Quellen fällt auf, daß sich sehr viele Definitionen auf die strategische Unternehmensplanung beziehen, während der grundlegende Terminus „Strategie" äußerst selten thematisiert wird.[166] Z.B. charakterisiert Wittmann die „strategische Planung als eine sämtliche Bereiche durchdringende, jedoch nur die wesentlichen Elemente des Erfolgs und seiner Sicherung heraushebende Gesamtunternehmensplanung [...], wobei langfristige und auf den Erfolg nachhaltig wirkende Entscheidungen im Vordergrund ihrer Erörterung stehen."[167] Er kennzeichnet sie mit Steiner als „[...] Prozeß der Festlegung der wichtigsten Ziele einer Organisation sowie der Richtlinien und Strategien, anhand derer Beschaffung, Einsatz und Disposition der zur Erreichung dieser Ziele notwendigen Ressourcen erfolgt. Die strategischen Ziele sind im allgemeinen langfristig ausgerichtet, gelegentlich sind sie auch kurzfristig; sie bestimmen die Art der zu wählenden Handlungsalternativen, während über Strategien die Verteilung der Ressourcen erfolgt."[168]

Nach Szyperski/Winand befaßt sich die strategische Planung „[...] mit der qualitativen und/oder quantitativen Abgrenzung von zentralen Ziel- und Aktionsräumen des Unternehmens speziell unter dem Aspekt der Erschließung und/oder Sicherung ihrer lebenswichtigen Erfolgspotentiale."[169] Voigt versteht unter Strategien „[...] Planungs- oder Entscheidungsergebnisse [...], die vor ihrer Ausführung im Rahmen einer Pla-

---

[165] Vgl. z.B. Aeberhard (1996, S. 36 ff.), Arbeitskreis „Langfr. Unternehmensplanung" d. Schmalenbach-Gesellschaft (1977), Bea/Haas (1995, S. 45 ff.), Dyer (1984), Gälweiler (1986), Gaitanides/Schwienhorst (1986), Hahn/Taylor (1997), Hinterhuber/Al-Ani/Handlbauer (1996), Miller et al. (1973, S. 26), Mintzberg (1978), Röthig (1982, S. 74), Ruhland/Wilde (1985), Schreyögg (1992) sowie Steinmann/Schreyögg (1990, S. 127 ff.).

[166] Zu den wenigen Arbeiten, die sich mit dem (allgemeinen) Strategiebegriff auseinandersetzen, zählen die Monographie von Kreikebaum (1991, S. 24 ff.) und die Dissertation von Keil (1996, S. 21 ff.). Häufiger finden sich Definitionen der spezielleren Strategiebegriffe im Bereich der Spieltheorie [vgl. z.B. Rieck (1993, S. 111 ff.)] und der flexiblen Planung [vgl. z.B. Laux (1971)].

[167] Wittmann (1982, S. 228).

[168] Steiner (1971, S. 67); zit. nach Wittmann (1982, S. 228).

[169] Szyperski/Winand (1980, S. 84).

nung noch weiter spezifiziert und detailliert werden oder die zumindest eine (durch zeitlich-vertikale Interdependenzen bedingte) Maßnahmenkette darstellen."[170]

Als Destillat der einschlägigen Begriffsdefinitionen verstehen wir unter einer Strategie

(a) ein Bündel abstrakter Maßnahmen,

(b) das Freiheitsgrade für in späteren Zeitpunkten zu konkretisierende Maßnahmen beläßt und

(c) das an globalen Orientierungsmustern ausgerichtet ist

(d) sowie wesentliche Relevanz für die Weiterentwicklung des Systems aufweist, für das es konzipiert wird.

ad (a) und (b): Aus dieser Definition ist ersichtlich, daß Strategien Bündel abstrakter Maßnahmen und keine konkreten Einzelmaßnahmen darstellen. Sie beschreiben eine Richtung, in die sich das System, für das die Strategie entwickelt wird, bewegen soll und spannen damit einen Raum von Handlungsmöglichkeiten auf, aus denen in späteren Zeitpunkten eine rationale Auswahl zu treffen ist. Dieser Handlungsraum ist zwar offen für spätere Konkretisierungen und Erweiterungen und insofern flexibel zu gestalten, er ist aber auch abgegrenzt gegen andere Handlungsmöglichkeiten, die als unzulässig gelten. Die Interpretation von Strategien als Bündel abstrakter Maßnahmen verdeutlicht zudem die Besonderheit strategischen Denkens im Vergleich zu taktischem Denken:[171] Taktisches Denken ist ein Denken entlang des Zeitstrahls, das eher progressiv angelegt ist (Stichwort: going step by step). Demgegenüber bedeutet strategisch zu denken vor allem, von einem als sinnvoll erachteten (eher abstrakt umrissenen denn konkret beschriebenen) Zielzustand des Systems und den in diesem Zustand gültigen Konditionen auszugehen und regressiv ein flexibles (gegenüber Störungen aus der Umwelt relativ robustes) Maßnahmenbündel zu entwerfen, das die Erreichung dieses Zustandes gewährleistet.

Wenn man beispielsweise damit rechnet, daß bisherige Produktfelder eines Unternehmens in einigen Jahren nicht mehr bedient werden können, weil die Nachfrage ausfallen wird oder die erforderlichen Produktionsfaktoren nicht mehr bereitgestellt werden können, sind die verantwortlichen Manager gut beraten, frühzeitig sinnvolle Produktstrategien zu formulieren. Maßgebliche Inhalte solcher Produktstrategien, die mögli-

[170] Voigt (1992, S. 231).

[171] In der Literatur wird zum Zwecke einer Hierarchisierung der Planungsprozess nach Maßgabe der Reichweite der Planung vielfach in verschiedene Ebenen zerlegt, z.B. in eine strategische, taktische und operative [vgl. z.B. Koch (1977)]. In der vorliegenden Arbeit werden wir lediglich der strategischen Ebene die taktische gegenüberstellen, ohne auf Besonderheiten letzterer und eine Problematisierung der Begriffsabgrenzung einzugehen. Wir könnten die taktische Ebene auch als nicht-strategische Ebene bezeichnen.

cherweise von geeigneten Personal(entwicklungs)strategien flankiert werden, sind z.B. die zukünftigen Produktfelder sowie wesentliche Schritte zur Entwicklung der Produkte etc.

Der beschriebene Aspekt strategischer Planung weist ein hohes Maß an Affinität zu den Grundprinzipien zweier verwandter, der Sequentialisierung komplexer Entscheidungsprobleme dienender Planungsmethoden auf, die unter den Bezeichnungen „flexible Planung“[172] und „dynamische Programmierung“[173] in die Literatur eingeführt wurden: „Bei flexibler Planung werden lediglich die im Zeitpunkt der Planaufstellung zu ergreifenden Maßnahmen endgültig geplant. Simultan damit wird für jeden möglichen Aktionsparameter ein System von Eventualplänen aufgestellt. Welcher (Teil-) Plan in einem zukünftigen Zeitpunkt tatsächlich realisiert wird, hängt davon ab, wie sich die Umwelt bis dahin entwickelt hat.“[174] „Bei der dynamischen Programmierung [...] handelt es sich [...] um Typen von allgemeinen Vorgehensweisen, Probleme der Optimierung in (meist aufeinanderfolgende Zeitperioden umfassende) Stufen zu zerlegen und mit Hilfe von Rekursionsformeln durch eine Folge von sukzessiven Einzeloptimierungen zu einer Lösung zu bringen.“[175] Um einem möglichen Mißverständnis vorzubeugen, wollen wir hervorheben, daß die flexible Planung flexible Pläne (Eventualpläne) generiert, sich die Flexibilität somit auf die Planungsmethode und nicht auf das Planungsergebnis bezieht.[176] Auch bei flexibler Planung kann sich der Betrieb in eine „Ecke manövrieren“, in der er nachhaltige Prosperitätsprobleme zu verzeichnen hat. Da die strategische Planung flexible Maßnahmenbündel generieren soll, darf die flexible Planung (ebensowenig wie die dynamische Programmierung) nicht mit dieser gleichgesetzt werden; unter den Sammelbezeichnungen flexible Planung und dynamische Programmierung werden Verfahren entwickelt und angeboten, die im Zuge einer strategischen Planung sinnvoll angewendet werden können.

Die Kennzeichnung von Strategien als Bündel abstrakter, Freiheitsgrade belassender Maßnahmen bedeutet zudem, daß (Entscheidungs-)Modelle der strategischen Planung nicht zu den sog. Short-Run- sondern zu den Long-Run-Ansätzen zählen. Nach dieser

---

[172] Vgl. z.B. Laux (1971), Hax/Laux (1972), Hart (1940) und Wittmann (1959).

[173] Vgl. z.B. Schneeweiß (1974), Bellman (1957), Schenk (1991). Zur Verbindung von flexibler Planung und dynamischer Programmierung vgl. z.B. Laux (1971, S. 52 ff.) sowie Inderfurth (1982).

[174] Laux (1971, S. 13 f.).

[175] Jaeger (1989, Sp. 1075). Zur Problemlösung werden im Rahmen der dynamischen Programmierung zwei Basisverfahren angeboten: Vorwärts- und Rückwärtsrekursion. Während bei Vorwärtsrekursion ausgehend vom Ausgangszustand die optimalen Lösungen für die Sequentialprogramme bis hin zum Endzustand bestimmt und anschließend in einem Rückwärtsdurchlauf zur optimalen Gesamtlösung zusammengesetzt werden, wählt man bei der sog. Rückwärtsrekursion das umgekehrte Vorgehen. Die letztgenannte Prozedur ist im übrigen identisch mit dem in der flexiblen Planung häufig angewendeten Roll-back-Verfahren [vgl. Maggee (1964)].

[176] Vgl. Laux (1971, S. 14).

- in der anglo-amerikanischen Literatur üblichen, auf Marshall zurückgehenden[177] Unterscheidung – werden Modelle mit geringem (bzw. hohem) Anpassungsspielraum für unternehmerische Maßnahmen als Short-Run- (bzw. Long-Run-) Ansätze bezeichnet.[178]

ad (c): Konstitutives Merkmal des Maßnahmenbündels ist die Ausrichtung an globalen Orientierungsmustern, die wir auch als Strategiebasen bezeichnen und die sich in ihrer Funktion als „Kriterien der Strategiebildung"[179] auf sehr unterschiedliche Objekte beziehen können. In *Abb. 10* sind Beispiele für solche (nicht notwendigerweise überschneidungsfreien und vielfach kombinierbaren) Kriterien und die korrespondierenden Strategiebezeichnungen aufgeführt:[180]

Differenzierungskriterien	(exemplarische) Strategiebezeichnungen
Betriebliche Funktionen oder Objekte	Absatz-, Produkt(ions)-, Finanzierungs-, Personalstrategien
Organisationale Geltungsbereiche	Unternehmens-, Geschäftsbereichs-, Funktionsbereichsstrategien
Veränderung von Objektausprägungen	Expansions-, Stagnations-, Konsolidierungs-, Kontraktionsstrategien
Verhalten gegenüber Konkurrenten	Offensiv-, Defensiv-, Neutralitätsstrategien
Produkt-/Marktentwicklung[181]	Marktdurchdringungs-, Marktentwicklungs-, Produktentwicklungs-, Diversifikationsstrategie
Koalitionsbildung	Unabhängigkeits-, Kooperations-, Beteiligungs-, Akquisitionsstrategien

Abb. 10: Exemplarische Differenzierungen betrieblicher Strategien

ad (d): Aus der obigen Definition des Strategiebegriffs ist des weiteren ersichtlich, daß Strategien wesentliche Relevanz für die Weiterentwicklung des betroffenen Sy-

[177] Vgl. Opie (1931).
[178] Vgl. Lücke (1989, Sp. 540). Zum Zeitbezug der strategischen Planung vgl. Schulte (1996).
[179] Kreikebaum (1991, S. 50).
[180] Vgl. wiederum Kreikebaum (1991, S. 50).
[181] Vgl. Ansoff (1957).

stems aufweisen. Die damit angesprochene, schwer zu operationalisierende Kategorie[182] bedeutet, daß Strategien der Genese und Nutzung bedeutsamer Chancen (Stichwort: Aufbau von Erfolgspotentialen) und/oder dem Schutz vor weitreichenden Risiken dienen (Stichwort: Stabilisierung des Systemerfolges). Maßnahmenbündel, die keine herausragende (nachhaltige) Auswirkung auf den langfristigen Systemerfolg aufweisen, fallen nicht unter den Strategiebegriff.[183]

Daneben ist aus der Begriffsbeschreibung erkennbar, daß sich Strategien auf Systeme beziehen, sie somit aufgrund der Offenheit des Systembegriffs sowohl für Sub- als auch für Supersysteme formuliert werden können. Übertragen auf die Unternehmung bedeutet dies, daß man nicht nur Strategien für das Gesamtunternemen, sondern auch für alle Einheiten des Unternehmens (heruntergebrochen bis auf die Stellenebene) konstruieren kann. Der von uns verwendete Strategiebegriff ist somit nicht nur referentiell bezüglich der strategischen Ziele sondern auch bezüglich des Systems, für das die Strategie formuliert wird.[184]

Kombiniert man die obige Definition des Strategiebegriffs mit der zuvor entfalteten Explikation des Begriffs Planung, dann ergibt sich als synthetische Paraphrasierung des Terminus „strategische Planung" die bewußte, frühzeitige und geordnete Vorbereitung eines zu implementierenden Bündels abstrakter Maßnahmen, das an globalen Orientierungsmustern ausgerichtet ist, Freiheitsgrade für in späteren Zeitpunkten zu konkretisierende Maßnahmen beläßt sowie wesentliche Relevanz für das System aufweist, für das es konzipiert wird.[185]

1.2. Personalstrategie und strategische Personalplanung

Ergänzt man die obigen allgemeinen Definitionen der Termini Strategie und strategische Planung insofern, daß man dem Ausdruck „Maßnahmenbündel" das Attribut „personalwirtschaftlich" beifügt, so erhält man die korrespondierenden Definitionen der Termini Personalstrategie und strategische Personalplanung. Wie bereits oben angedeutet, ist die Menge potentieller Strategiebasen sehr reichhaltig, so daß zum Zwecke der Vereinfachung eine geeignete Auswahl zu treffen ist. Vor dem Hintergrund des Handlungsstrukturmodells können Orientierungsmuster vor allem dem Raum der Konditionen (Frage nach den Handlungsprämissen) und der Probleme

[182] Vgl. in diesem Zusammenhang z.B. die empirisch gestützen Überlegungen von Löffler (1995).

[183] Ob diese Erfolgswirkung jedoch tatsächlich eintritt, ist unerheblich, sie muß lediglich im Zeitpunkt der Strategiefestlegung vom Strategieträger prognostiziert werden. Strategien können auch sehr kurzfristig geplant werden; das Charakteristikum der Langfristigkeit bezieht sich nicht auf den Planungszeitraum, sondern auf die Erfolgswirkung.

[184] Ähnlich: Riedl (1995, S. 20).

[185] Wir verstehen unter strategischer Planung somit (in Einklang mit der herrschenden Literaturmeinung) die Planung von Strategien und nicht etwa strategisches Verhalten [vgl. Laux (1979, S. 149 ff.)] im Planungsprozeß.

(Frage nach den relevanten Problembereichen) entstammen, so daß wir die Maßnahmen- *(a)* und die Problemorientierung *(b)* für besonders relevant halten, uns im folgenden auf diese beschränken und aus den entsprechenden Kombinationen verschiedene (personalwirtschaftliche) Basisstrategien ableiten werden.[186]

ad (a): Bei der Formulierung von Personalstrategien ist die Frage zu klären, welchen Konditionen das zu konstruierende Maßnahmenbündel unterliegt. Der Raum der Konditionen läßt sich u.a. nach den von der gewählten Strategie Betroffenen differenzieren, wobei zu den von Personalstrategien Betroffenen vor allem der Betrieb und das Personal des Betriebes zählen: Man kann sich zum einen primär an den Belangen des Betriebes und zum anderen an den Belangen der Mitarbeiter orientieren. Auf einer nachgelagerten Differenzierungsstufe unterscheiden wir die angesprochenen Belange in Interessen und Möglichkeiten und bezeichnen die Interessen des Betriebes etwas konturierter als dessen Erfordernisse und die der Mitarbeiter als deren Bedürfnisse. Bei primärer Orientierung an den Belangen des Betriebes stehen somit dessen Erfordernisse oder Möglichkeiten im Vordergrund, während die Humanressourcen diesen angepaßt werden. Im anderen Fall hingegen bilden die Bedürfnisse oder die Möglichkeiten der Mitarbeiter den Ausgangspunkt der Strategieformulierung, so daß unter diesen Bedingungen bei Anpassung betrieblicher Aktionsparameter die Betriebsziele bestmöglich erreicht werden sollen.

ad (b): Die zweite von uns fokussierte Möglichkeit der Strategieorientierung ist differenziert nach den personalwirtschaftlichen Bezugsproblemen. Je nachdem, ob die Lösung eines personalwirtschaftlichen Disponibilitäts- oder Funktionalitätsproblems ansteht, sind Strategien der Personalpotentialdisposition oder der Personalverhaltensbeeinflussung zu formulieren.

Der Zusammenhang zwischen den aufgeführten Strategiebasen (in Form personalstrategischer Konditionen sowie personalstrategischer Primärprobleme) und Personalstrategien ist in *Abb. 11* dargestellt:

[186] Die Ausführungen basieren auf einer Differenzierung alternativer Orientierungsmuster im Rahmen der betrieblichen Personalpolitik, die auf Kossbiel (1994, S. 419 ff.; 1995) zurückgeht.

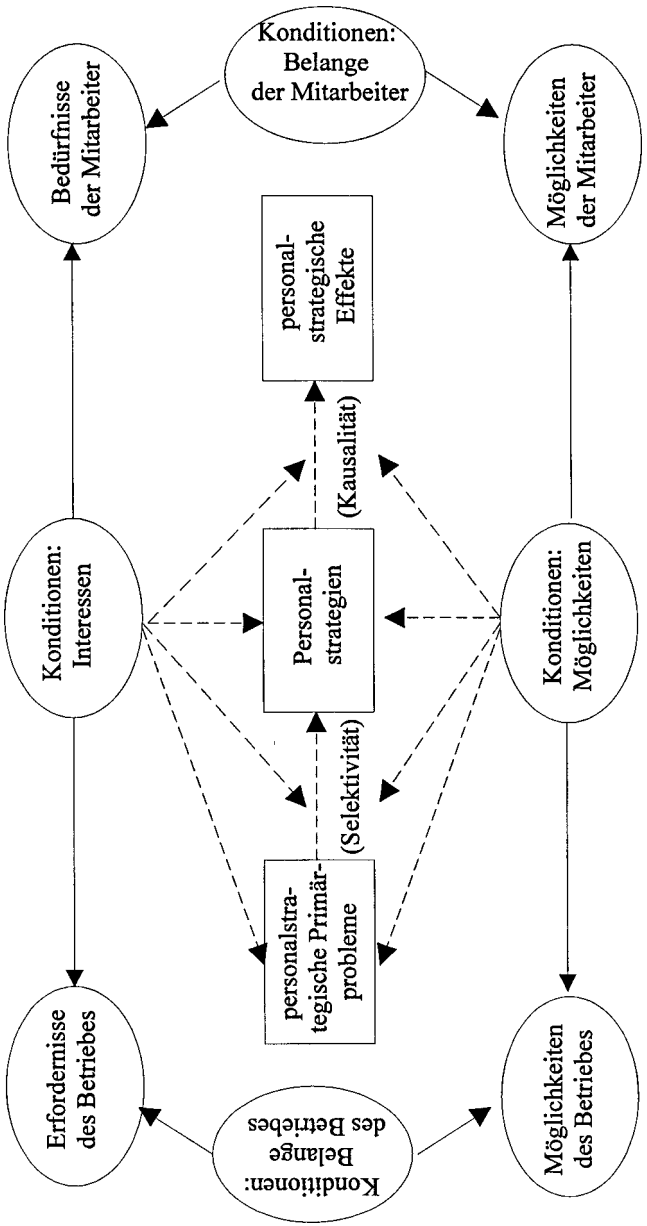


Abb. 11: Elementarkategorien personalstrategischen Handelns

Die von uns gewählte Differenzierung personalwirtschaftlicher Strategiebasen führt zu insgesamt acht (Typen von) Basisstrategien, die in *Abb 12* aufgeführt werden:

Primäre pwl. Bezugsprobleme / *Orientierung pwl. Maßnahmen an den*		*Disponibilität*	*Funktionalität*	
Belangen des Betriebes	*Erfordernissen des Betriebes*	① Deckung konkreter Personalbedarfe	② Durchsetzung expliziter Verhaltensnormen	(Personnel) structure follows (market) strategy
	Möglichkeiten des Betriebes	③ Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen	④ Verwertung von „Ausbeutungs"-chancen	
Belangen der Mitarbeiter	*Bedürfnissen der Mitarbeiter*	⑤ Erhaltung/interne Besetzung von Arbeitsplätzen	⑥ Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen	(Market) strategy follows (personnel) structure
	Möglichkeiten der Mitarbeiter	⑦ Ausschöpfung von Personalpotentialitäten	⑧ Nutzung von Verhaltensrepertoires	

Abb. 12: Personalwirtschaftliche Strategiebasen und Basisstrategien

In *Abb. 12* ist nochmals der grundlegende Unterschied zwischen den beiden basalen Maßnahmenorientierungen angedeutet: Bei einer Orientierung an den Belangen des Betriebes werden - je nach gewählter Konkretisierung der Maßnahmenorientierung - dessen Erfordernisse oder Möglichkeiten als Referenzobjekte der Strategieformulierung festgelegt und damit (Struktur-)Anforderungen an das Qualifikations- oder an das Verhaltensspektrum der Mitarbeiter definiert. Es sind dann personelle Strukturen zu bestimmen, die diesen Anforderungen genügen; insofern liegt hier der Fall „struc-

ture follows strategy" vor.[187] Bei einer Maßnahmenorientierung an den Belangen der Mitarbeiter läßt sich das umgekehrte Verhältnis zwischen Struktur und Strategie erkennen („strategy follows structure"), denn hier bilden – je nach Pointierung - die personellen Interessen oder Möglichkeiten den Ausgangspunkt der Strategieformulierung. Man geht somit nicht von Struktur*anforderungen* sondern von (personellen) Struktur*gegebenheiten* - in Form von Bedürfniskonfigurationen, (Qualifikations-) Potentialitäten oder (Verhaltens-) Repertoires – aus, denen die zu bestimmenden (Markt-) Strategien genügen müssen.

Wir wollen nun in der gebotenen Kürze die verschiedenen Basisstrategien charakterisieren.[188] In Zelle ① ist eine Konstellation angesprochen, bei der die Orientierung an Erfordernissen des Betriebes und zu bewältigender Disponibilitätsproblematik zunächst eine Festlegung konkreter Personalbedarfe impliziert, für die dann geeignete Maßnahmenbündel der Bedarfsdeckung zu bestimmen sind. Es handelt sich hier um sog. Personalbereitstellungsstrategien, bei denen der Betrieb sich bereits für eine Strategie im Produktions-, Investitions-und Organisationsbereich der Unternehmung entschieden hat. Durch diese (vorgelagerte) Festlegung der Organisationsstruktur, des Produktions- und des Investitionsprogramms werden konkrete Personalbedarfe generiert, so daß zum Zwecke deren Deckung die jeweils geeignete (und kostenminimale) Personalstruktur zu finden ist.

In Zelle ② werden Fälle thematisiert, in denen die Lösung von Funktionalitätsproblemen ansteht, und zwar unter der Voraussetzung, daß der Betrieb explizite (normative) Erwartungen an das Personalverhalten hegt. Die korrespondierenden Strategien werden als Strategien der Durchsetzung expliziter Verhaltensnormen oder als Strategien der Verhaltensreglementierung bezeichnet. Auch diese Strategien basieren auf organisationsstrukturellen, produktions- und investitionsprogrammatischen Vorentscheidungen. Im Gegensatz zu Strategien der Personalbereitstellung werden hier allerdings nicht die resultierenden Implikationen dieser Vorentscheidungen bezüglich der Qualifikationsanforderungen sondern hinsichtlich der Verhaltensansprüche fokussiert, auf deren Basis geeignete Strategien der Verhaltenslenkung, -beurteilung und -abgeltung zu suchen sind.

Die in Zelle ③ angesprochenen Konstellationen gehen von einer (Maßnahmen-) Orientierung an den Möglichkeiten des Betriebes bei Disponibilitätsproblemen aus und führen zu Strategien der Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen. Auch hier werden – wie in den Fällen der Zelle ① - Vorentscheidungen über den Personalbedarf getroffen. Diese stehen jedoch nicht im Vordergrund der personalstrategischen Überlegungen. Ausgangspunkt der hier thematisierten Strategien ist eine gründliche Analyse des

[187] Vgl. Chandler (1962).

[188] Auf drei der insges. acht Basisstrategien werden wir in Kapitel D. ausführlicher (modelltheoretisch) zu sprechen kommen.

Arbeitsmarktes und der sich vor diesem Hintergrund bietenden betrieblichen Möglichkeiten der Personalbedarfsdeckung. Wird z.B. der Betrieb mit einem im Zeitablauf schwankenden Personalbedarf konfrontiert, dann kann er u.U. bei einer (für ihn) günstigen Arbeitsmarktlage die Personalausstattung mit der Bedarfsentwicklung synchronisieren (sog. hiring-firing-Strategien).

In Zelle ④ werden Fälle thematisiert, in denen bei zugrundeliegender Funktionalitätsproblematik eine Orientierung an den betrieblichen Möglichkeiten gewählt wird. Die Abstraktion von den Belangen der Mitarbeiter konkretisiert sich in Personalstrategien der Verwertung von „Ausbeutungs"chancen[189], z.B. in Strategien der Verhaltensbeeinflußung tayloristischer Prägung.

In der fünften Zelle sind die Fälle zusammengefaßt, bei denen die zur Lösung anstehender Disponibilitätsprobleme zu wählenden Maßnahmen(bündel) primär an den Bedürfnissen der Mitarbeiter ausgerichtet sind. Differenziert man die Menge menschlicher Bedürfnisse (grob) in Erhaltungs- und Entfaltungsbedürfnisse,[190] dann ist hier vor allem die erste Kategorie angesprochen, und zwar in Form des Bedürfnisses nach Beschäftigungssicherheit. Konkret gesprochen sind hier Strategien zu wählen, die die interne Besetzung (Stichwort: „Aufstieg vor Einstieg") oder den Erhalt von Arbeitsplätzen (Stichwort: ‚personnel pooling") anstreben.

In den mit Zelle ⑥ angesprochenen Fällen bezieht sich die Problemorientierung auf die Funktionalität des Personals und die Maßnahmenorientierung auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter. Im Unterschied zu den in der fünften Zelle thematisierten Strategien stehen hier allerdings vor allem die Bedürfnisse nach persönlichem Wachstum (Entfaltungsbedürfnisse) im Vordergrund. Die korrespondierenden Personalstrategien basieren somit auf (gegebenen) personellen Bedürfniskonfigurationen und sollen der Erfüllung der Entfaltungsbedürfnisse der Mitarbeiter über geeignete Maßnahmen der Verhaltenslenkung dienen, und zwar durch Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen. Solche Strategien werden seit einigen Jahren unter der Bezeichnung „Humanisierung der Arbeitswelt (HdA)" diskutiert (und praktiziert).

Bei den in Zelle ⑦ thematisierten Fällen geht man (im Rahmen der Disponibilitätsproblematik) ebenfalls von den Belangen der Mitarbeiter aus. Allerdings bilden nun deren qualifikatorische Möglichkeiten den Ausgangspunkt der Strategieformulierung. Man analysiert die bereits vorhandene Personalausstattung hinsichtlich dieser Möglichkeiten und formuliert Strategien zur Ausschöpfung der Personalpotentialitäten. Bei eher defensiver Vorgehensweise bleibt die Personalausstattung niveau- sowie

[189] Den Terminus Ausbeutung setzen wir an dieser Stelle in Anführungszeichen, um dessen - in sozio-kultureller Hinsicht - negative Konnotation im Sinne des wissenschaftlichen Wertfreiheitspostulats abzuschwächen.

[190] Mehrstufige Kataloge zur Differenzierung von Bedürfnissen findet man z.B. bei Cuhel (1907), Maslow (1954), Alderfer (1969), Gasiet (1981) sowie Lederer (1980).

strukturkonstant und man sucht nach geeigneten Möglichkeiten der Personalverwendung. Ein eher offensives Vorgehen stellen Strategien der Personalentfaltung dar, bei denen die in der Personalausstattung vorhandenen, bisher ungenutzten Möglichkeiten, durch Qualifizierung entfaltet und anschließend über Reformulierungen des Produktionsprogramms genutzt werden.

Auch bei den in der achten Zelle angesprochenen Strategien bilden die Möglichkeiten der Mitarbeiter den Referenzpunkt der Strategieformulierung. Da hier allerdings Funktionalitätsprobleme zu lösen sind, werden nicht die qualifikatorischen Personalpotentialitäten ausgeschöpft sondern die Verhaltensrepertoires der Mitarbeiter genutzt, und zwar vermittels Strategien der Verhaltenstolerierung oder der Verhaltensanimierung. Strategien der Verhaltenstolerierung stellen defensive Varianten der Repertoirenutzung dar und zielen darauf ab, Schwächen der Mitarbeiter in Kauf zu nehmen, während die offensiven Varianten (Verhaltensanimierung) die Aktivierung ihrer Stärken fokussieren.

Diese konzeptionellen Vorüberlegungen abschließend wollen wir betonen, daß es sich bei den oben angeführten Strategiebasen um idealisierte primäre Orientierungsmuster handelt, die in der Realität sicherlich äußerst selten in reiner Prägung sondern häufig in verschiedenen Mischungen gewählt werden.

2. Anforderungen an die strategische (Personal-)Planung

2.1. Überblick

Nachdem wir unsere Vorstellung vom Begriff der strategischen Personalplanung beschrieben haben, wollen wir auf die Anforderungen eingehen, die sinnvollerweise an strategische (Personal-) Planungen zu stellen sind. In Anlehnung an die von Scholz unter dem Stichwort „Merkmale strategischen Verhaltens" in die Literatur eingeführten Kategorien, sehen wir die folgenden Anforderungskriterien als wesentlich an: (Personal-) Planungen werden dann als strategisch bezeichnet, wenn sie den Kriterien der Relevanz *(a)*, der Simplizität *(b)* und der Proaktivität *(c)* genügen.[191]

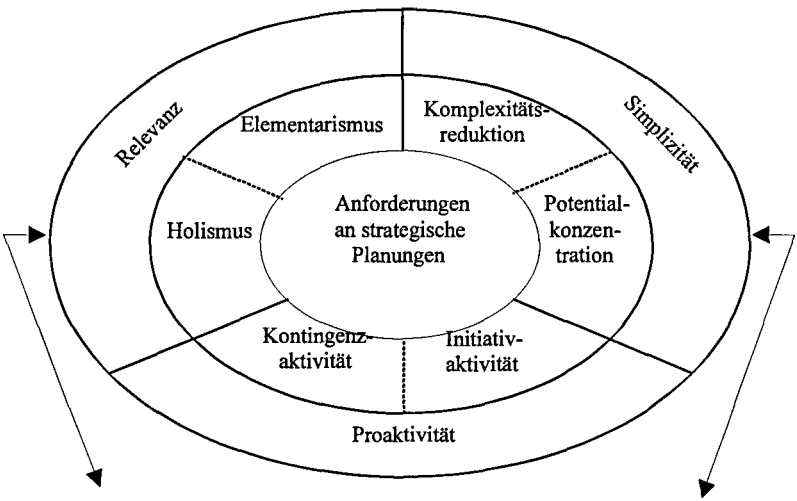
Ad (a): Strategische (Personal-) Planungen sollen sich auf inhaltlich (besonders) wichtige Sachverhalte konzentrieren. Dies bedeutet, daß sie zum einen insofern holistisch angelegt sind, als das beplante System in seiner Gesamtheit im Vordergrund steht, und daß sie zum anderen auf ein essentielles Segment bezogen werden sollen.

Ad (b): Strategische (Personal-) Planungen sollen methodisch beschränkt sein auf das Wesentliche, vor allem indem zum einen durch Informationsverdichtung Komplexitätsreduktion und zum anderen eine Hinwendung zu Potentialzielen betrieben wird.[192]

[191] Vgl. Scholz (1987, S. 5 f. u. 32 ff.).
[192] Vgl. hierzu auch Ward (1989).

Ad (c): Strategische (Personal-) Planungen sollen Fühzeitigkeit in Plan und Aktion anstreben, und zwar u.a. durch flexible Planung sowie Planung von Flexibilität(spotential) und durch sofortige Aktion nach dem Erkennen einer – wenn auch unsicheren - Bedrohung bzw. Chance.[193]

Die genannten drei Anforderungskriterien werden (samt Subkriterien) in der folgenden *Abb. 13* den bereits im vorangehenden Abschnitt erläuterten Merkmalen strategischer Planung skizzenhaft gegenübergestellt, wobei mit den Verbindungspfeilen die Andeutung der vielfältigen Bezugspunkte zwischen Anforderungskriterien und Merkmalen strategischer (Personal-) Planung beabsichtigt ist.



Strategische Planung: *Frühzeitige, bewußte* und *geordnete* Vorbereitung eines Bündels *abstrakter* Maßnahmen, das an *globalen* Orientierungsnormen ausgerichtet ist, *Freiheitsgrade* für spätere Konkretisierungen beläßt und *wesentliche Relevanz* für das System aufweist, für das es konzipiert wird.

Abb. 13: Anforderungen und Merkmale strategischer (Personal-)Planung

Aus den obigen Ausführungen folgt als Charakteristikum der strategischen (Personal) Planung der – im Vergleich zur taktischen Planung – spezifische Umgang mit Kom-

[193] Vgl. Jacob (1974a,b,c u. 1982), Kolb (1989), Schneeweiß/Kühn (1990) sowie Maier (1982, S. 72 ff.), der Planungen als flexibel bezeichnet,

- wenn Planrevisionen möglich sind und systematisch erfolgen,
- wenn Entscheidungen so weit wie möglich aufgeschoben werden,
- wenn nach dem Eventualplanprinzip verfahren wird,
- wenn Rahmen- und Detailpläne formuliert werden und
- wenn Unbestimmtheitstoleranzen berücksichtigt werden.

plexität (Vielfältigkeit), Dynamik (Veränderlichkeit) und Kontingenz (Unbestimmtheit). Auf diese drei Aspekte wollen wir in den folgenden Abschnitten genauer eingehen, indem wir zunächst die Bedeutung, Möglichkeiten und Grenzen der flexiblen Planung (2.2.) und anschließend die Verarbeitung vager Informationenim Rahmen der strategischen Personalplanung (2.3.) thematisieren.

2.2. Die Bewältigung von Veränderlichkeit im Rahmen der strategischen Personalplanung

2.2.1. Grundlagen der flexiblen Planung

Wir haben bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß das Prinzip der flexiblen Planung eine herausragende Bedeutung für strategische (Personal-) Planungen aufweist und wollen uns nun etwas eingehender mit diesem Planungsprinzip auseinandersetzen.[194] Die Methodik der flexiblen Planung wurde für Planungssituationen mit zeitlich-vertikalen Interdependenzen entwickelt, in denen zu Beginn des Planungszeitraums die Konsequenzen der künftig zu treffenden Entscheidungen zwar nicht mit Sicherheit bekannt sind aber Auswirkungen auf die Optimalität der Aktionenfolge entfalten. Das Ziel der flexiblen Planung liegt somit in der Bestimmung eines optimalen Gesamtplans für sequentielle Entscheidungsprobleme.

Im Gegensatz zur starren Planung, bei der die gesamte Entscheidungssequenz bereits zu Beginn des Planungszeitraums eindeutig festgelegt wird,[195] bestimmt man bei flexibler Planung – wie bereits oben angemerkt – nur die in der ersten Periode des Planungszeitraums zu realisierende Aktion und generiert für die nachfolgenden Zeitpunkte „lediglich" Eventualpläne.

Entscheidungsprobleme können nach dem Prinzip der flexiblen Planung in grundsätzlich drei Varianten gelöst werden, und zwar auf Basis eines Entscheidungsbaumes – entweder *(a)* mittels des sog. Roll back-Verfahrens oder *(b)* mittels einer Entscheidungsmatrix – und *(c)* auf Basis eines Zustandsbaumes mittels eines gemischt-ganzzahligen mathematischen Programms. Diese drei Prozeduren führen jeweils zum gleichen Ergebnis, sofern der Entscheidungsträger über ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil verfügt.

Ad (a): Ist der Entscheidungsträger in der Lage, die Handlungsalternativen des zu bearbeitenden Entscheidungsfeldes in Form diskreter Alternativen anzugeben, dann

---

[194] Vgl. zu Grundlagen und Anwendungen der flexiblen Planung z.B. Blohm/Lüder (1988, S. 250 ff. u. S. 304 ff.), Hart (1940), Haumer (1983), Inderfurth (1982), Laux (1971) und Wittmann (1959). Zur Diskussion um die flexible Planung vgl. z.B. Hax/Laux (1972) sowie Schneider (1971).

[195] Man trifft bei starrer Planung somit Entscheidungen, die (eigentlich) erst später „anstehen", bereits in einem sehr frühen Stadium.

kann das zu lösende (sequentielle) Entscheidungsproblem in einem sog. Entscheidungsbaum graphisch dargestellt werden *(s. Abb. 14)*.

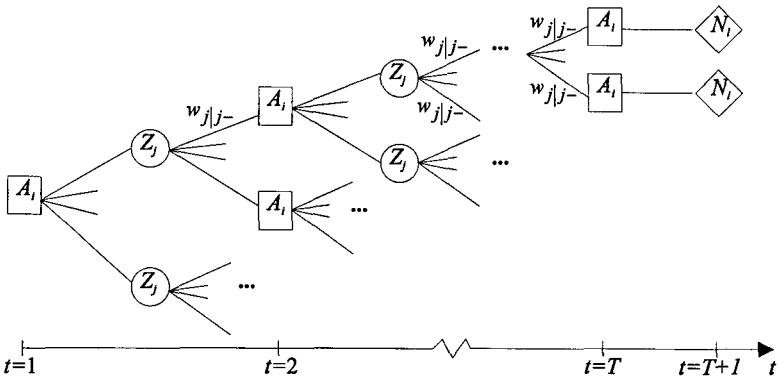


Abb. 14: Entscheidungsbaum bei diskreten Alternativen

In diesem Baum treten drei Arten von Knoten auf: Die runden Knoten (Z_j;j=1,...,J) repräsentieren die verschiedenen Umweltzustände. An den von diesen Knoten abgehenden Kanten werden die (bedingten) Wahrscheinlichkeiten ($w_{j|j-}$) für den Eintritt des betreffenden Zustandes j (unter der Bedingung, daß zuvor der Zustand j- eingetreten ist) notiert. Die eckigen Knoten der Zeitpunkte t=1,...,T stellen Entscheidungsknoten (A_i; i=1,...,I) dar, wobei A_i eine wählbare Handlungsalternative i symbolisiert. Bei den eckigen Knoten im Zeitpunkt T+1 (dem Ende der letzten Periode des Planungszeitraums) handelt es sich um Ergebnisknoten. In ihnen sind die aus der jeweiligen Aktionsfolge resultierenden Nutzenwerte (N_l; l=1,...,L) eingetragen.

Bei Verwendung des sog. Roll back-Verfahrens „[...] wird das gesamte Entscheidungsproblem in einstufige Teil-Entscheidungsprobleme zerlegt [...][496], und zwar wie folgt:[197] Zunächst wird für jeden Entscheidungsknoten des Zeitpunktes T die nutzenmaximale Handlungsalternative bestimmt. Anschließend ermittelt man durch Multiplikation der bedingten Wahrscheinlichkeiten mit den jeweiligen Nutzenwerten diejenige Alternative, die den Erwartungswert des Nutzens im Zeitpunkt T-1 maximiert. Diese Prozedur wird danach für die Zeitpunkte T-2, T-3 bis t=1 fortgeführt, so daß man (nur) für den Zeitpunkt t=1 zu einer eindeutig festgelegten Handlungsalternative gelangt, während die Alternativenwahl der Folgezeitpunkte von dem (dann) jeweils eintretenden Umweltzustand abhängt *(Eventualplanprinzip)*.

[196] Laux (1982, S. 261).

[197] Wir unterstellen, der Entscheidungsträger orientiere sich am Bernoulli-Prinzip.

Ad (b): Die optimale Entscheidungssequenz kann auch mittels einer Entscheidungsmatrix bestimmt werden. In der Randspalte dieser Matrix werden alternative Aktionsfolgen und in der Kopfzeile werden Zustandsfolgen sowie die korrespondierenden bedingten Wahrscheinlichkeiten eingetragen. Im Zentrum der Matrix notiert man die Nutzenwerte der jeweiligen Folgen alternativer Teilaktionen bei alternativen Umweltentwicklungen und kann auf Basis dieser Werte diejenige Aktionenfolge berechnen, die den maximalen Nutzenerwartungswert verspricht.

Ad (c): In vielen realen Entscheidungssituationen können die Handlungsalternativen nicht diskret formuliert sondern lediglich in Form von (stetigen) Alternativenräumen angegeben werden, die als (von Restriktionen begrenzte) Zulässigkeitsbereiche für alternative Ausprägungen der Entscheidungsvariablen zu interpretieren sind. In solchen Fällen können die unter *(a)* und *(b)* skizzierten Verfahren nicht angewendet werden. In *Abb. 15* ist graphisch veranschaulicht, welche Gestalt der „Entscheidungsbaum" bei stetigen Handlungsalternativen aufweisen *müßte*. Die „Entscheidungsknoten" werden hier durch als Symbol für den jeweiligen Alternativenraum gekennzeichnet, in dem der entsprechende Zulässigkeitsbereich schraffiert dargestellt wird. Die im Entscheidungsbaum der *Abb. 14* von den Entscheidungsknoten abgehenden Kanten stellen sich in *Abb. 15* als Bänder dar, die in Zustands- oder Ergebnisknoten münden:

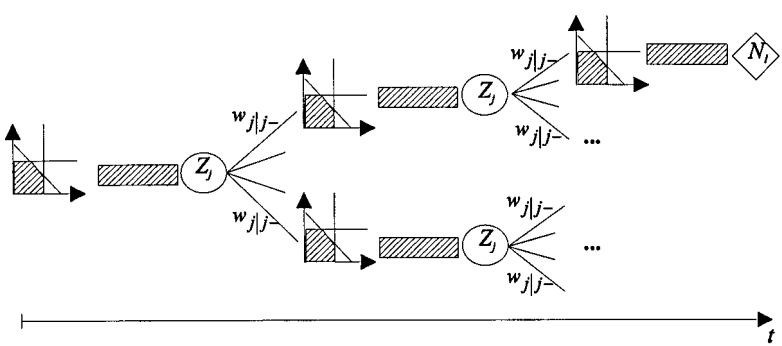


Abb. 15: „Entscheidungsbaum" bei stetigen Alternativen

Es ist leicht einzusehen, daß aus solchen Entscheidungsbäumen keine flexiblen Pläne abgeleitet werden können. Zur Bestimmung der optimalen Entscheidungssequenz ist man bei stetigen Alternativen auf die Formulierung eines Ansatzes der mathematischen Programmierung angewiesen. Wir werden auf die Formulierung solcher Ansätze unten zurückkommen.

2.2.2. Exemplarische Verdeutlichung

Zwecks Illustration der Vorgehensweise orientieren wir die folgenden Ausführungen an einem von Laux[198] übernommenen, leicht abgeänderten Beispiel, das sich auf folgende Entscheidungssituation bezieht:

- Ein Investor hat in einem drei Perioden umfassenden Planungszeitraum Entscheidungen über Auftragsannahmen und Sachinvestitionen zu treffen. Über die Auftragsentwicklung liegen Wahrscheinlichkeitsurteile vor.
- Die Beginnzeitpunkte der einzelnen Perioden werden mit t $(t = 1,2,3)$ bezeichnet. Nur in diesen Zeitpunkten können Aufträge eingehen, wobei sofort über deren Annahme entschieden werden muß und jeder zu Periodenbeginn angenommene Auftrag bis zum jeweiligen Periodenende zu erledigen ist.
- Für jeden angenommenen Auftrag wird eine Produktionsanlage benötigt. Bis dato sind noch keine Produktionsanlagen vorhanden. In jedem Zeitpunkt t $(t = 1,2,3)$ können Anlagen gekauft werden, die jeweils bis zum Ende des Planungszeitraums genutzt werden können, anschließend wertlos sind und Anschaffungskosten in Höhe von 500 GE verursachen.
- Pro erledigtem Auftrag wird ein Deckungsbeitrag in Höhe von 300 GE realisiert.
- Zinsüberlegungen werden nicht angestellt.
- Der (risikoneutrale) Investor strebt die Maximierung des Erwartungswertes des Nettoerfolges an. Der Nettoerfolg ergibt aus der Differenz aus Gesamtdeckungsbeitrag und Gesamtanschaffungskosten.
- Die Auftragsentwicklung ist in dem folgenden Zustandsbaum dargestellt. In den Umweltzuständen j=2, j=4 und j=6 geht jeweils ein Auftrag, in den Zuständen j=1, j=3, j=5 und j=7 gehen jeweils zwei Aufträge ein. An den Kanten sind die bedingten Wahrscheinlichkeiten der verschiedenen Umweltzustände angegeben.

[198] Vgl. Laux (1982, S. 263 ff).

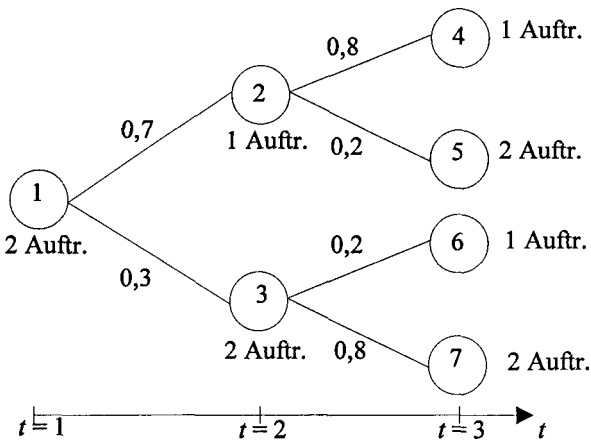


Abb. 16: Zustandsbaum

(a) Problemlösung über das Roll back-Verfahren: Der für diese Problemstellung zu konstruierende Entscheidungsbaum ist in *Abb. 17* dargestellt und wie folgt zu interpretieren: An den von den runden Verzweigungsknoten abgehenden Kanten werden die einschlägigen (bedingten) Wahrscheinlichkeiten notiert. Die eckigen Knoten der Zeitpunkte $t = 1,2$ und 3 stellen Entscheidungsknoten dar. An den von den ihnen abgehenden Kanten bezeichnen wir mit X (bzw. Y) die Zahl der bei den verschiedenen Aktions- und Zustandsfolgen jeweils anzunehmenden Aufträge (bzw. anzuschaffenden Anlagen). Bei den eckigen Knoten im Zeitpunkt $t = 4$ (dem Ende der dritten Periode) handelt es sich um Ergebnisknoten. In ihnen sind die aus der jeweiligen Aktionsfolge resultierenden Nettoerfolge eingetragen, während die Zahlenangaben in den Entscheidungsknoten die Erwartungswerte des Nettoerfolges der alternativen Aktionsfolgen[199] in den Entscheidungszeitpunkten t (t=1,2,3) darstellen.

[199] Am rechten Rand des Entscheidungsbaumes sind die Bezeichnungen für die drei alternativen Aktionsfolgen (i=1,2,3) eingetragen.

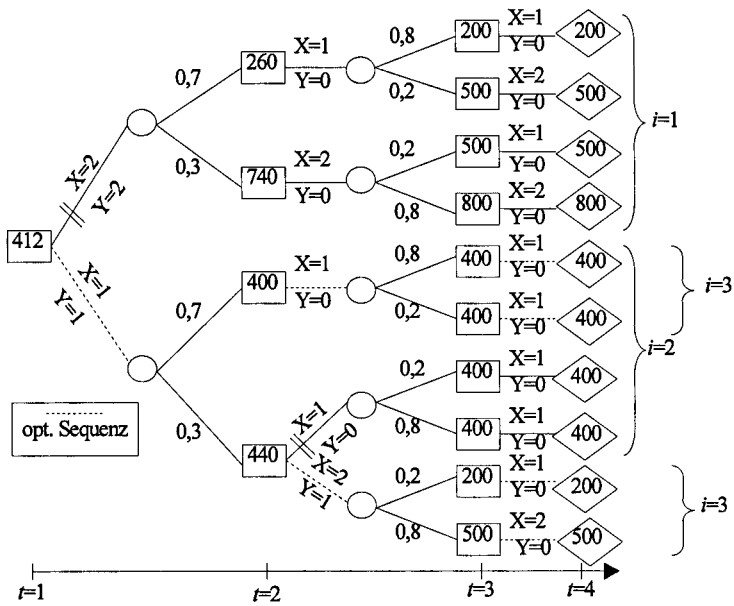


Abb. 17: Entscheidungsbaum

Die gestrichelten (bzw. durchgezogenen) Entscheidungskanten zeigen die vermittels des Roll back-Verfahrens generierte optimale Aktionsfolge (bzw. die dominierten Entscheidungssequenzen) an. Der ermittelte flexible Plan besagt, daß im Zeitpunkt t=1 ein Auftrag angenommen und eine Anlage beschafft werden soll. Ist im Zeitpunkt t=2 Umweltzustand j=2 eingetreten, dann ist zu diesem Zeitpunkt ein weiterer Auftrag anzunehmen und keine Maschine zu beschaffen. Ebenso wird im Zeitpunkt$t$=3 verfahren, wenn zu Beginn der vorherigen Periode Zustand$j$=2 eingetreten ist. Ist im Zeitpunkt t=2 jedoch Umweltzustand j=3 eingetreten, dann sollen zu diesem Zeitpunkt zwei Aufträge angenommen und eine weitere Maschine gekauft werden. Im letzten Entscheidungszeitpunkt ist die Alternativenwahl erneut zustandsabhängig zu gestalten, und zwar dahingehend daß bei Eintritt des Zustandes$j$=5 (bzw. j=7) ein Auftrag (bzw. 2 Aufträge) angenommen werden soll und keine weitere Anlage zu beschaffen ist. Der Erwartungswert des Nettoerfolges im Zeitpunkt t=1 beträgt 412 GE.

(b) Problemlösung mittels der Entscheidungsmatrix: Die auf Basis des in *Abb. 17* dargestellten Entscheidungsbaumes konstruierte Entscheidungsmatrix ist wie folgt aufgebaut *(s. Tab. 4)*: In der Kopfzeile sind die alternativen Zustandsfolgen sowie die korrespondierenden (bedingten) Wahrscheinlichkeiten und in der rechten Randspalte sind die resultierenden Erwartungswerte des Nettoerfolges (μ) angegeben. In der linken Randspalte sind die alternativen Aktionsfolgen eingetragen, die sich wie folgt in-

terpretieren lassen. Die Aktionsfolge i=1 sieht vor, im ersten Zeitpunkt zwei Aufträge anzunehmen und zwei Anlagen zu beschaffen, während in den nachfolgenden Zeitpunkten keine Anlagen mehr beschafft und alle eingehenden Aufträge angenommen werden. Bei Aktionsfolge i=2 wird im Zeitpunkt t=1 ein Auftrag angenommen und eine Anlage angeschafft. In den Zeitpunkten t=2 und t=3 werden keine Anlagen mehr beschafft und wiederum jeweils ein Auftrag angenommen. Die Aktionsfolge i=3 sieht vor, im ersten Entscheidungszeitpunkt einen Auftrag anzunehmen und eine Anlage zu beschaffen. Bei Realisation des Zustandes j=2 wird in den Folgezeitpunkten jeweils ein Auftrag angenommen und keine Maschine mehr bezogen, während man bei Realisation des Zustandes j=3 in t=2 (bzw. t=3) eine (bzw. keine) weitere Anlage kauft und die eingehenden Aufträge annimmt.

	$w_{2\|1} \cdot w_{4\|2} = 0{,}56$ Zustände: 1,2,4	$w_{2\|1} \cdot w_{5\|2} = 0{,}14$ Zustände: 1,2,5	$w_{3\|1} \cdot w_{6\|3} = 0{,}06$ Zustände: 1,3,6	$w_{3\|1} \cdot w_{7\|3} = 0{,}24$ Zustände: 1,3,7	μ
i=1	200	500	500	800	404
i=2	400	400	400	400	400
i=3	400	400	200	500	412

Tab. 4: Entscheidungsmatrix

Auch hier erweist sich wiederum die Alternative i=3 als optimal, denn bei dieser Aktionsfolge stellt sich mit 412 GE im Zeitpunkt t=1 der höchste Erwartungswert des Nettoerfolges ein.

(c) Problemlösung über ein gemischt-ganzzahliges Programm: Der optimale flexible Plan kann auch über ein gemischt-ganzzahliges Programm ermittelt werden, für das wir folgende Symbole definieren:

x_1 := Zahl der in Zeitpunkt 1 anzunehmenden Aufträge

$x_j (j = 2,3)$:= Zahl der in Zeitpunkt 2 anzunehmenden Aufträge, falls dann Zustand 2 bzw. 3 eintritt

$x_j (j = 4,...,7)$:= Zahl der in Zeitpunkt 2 anzunehmenden Aufträge, falls dann Zustand j eintritt

y_1 := Zahl der in Zeitpunkt 1 anzuschaffenden Anlagen

$y_j (j = 2,3)$:= Zahl der in Zeitpunkt 2 anzuschaffenden Anlagen, falls dann Zustand 2 bzw. 3 eintritt

$NE_j (j = 4,...,7)$:= Nettoerfolg bei Realisation der zu Zustand j führenden Zustandsfolge

Unter Beachtung dieser Symbole lautet das gesuchte Programm:

Zielfuntion:

$0{,}56 \cdot NE_4 + 0{,}14 \cdot NE_5 + 0{,}06 \cdot NE_6 + 0{,}24 \cdot NE_7 \rightarrow \max!$

Restriktionen:

Nettoerfolgsdefinition:

$300(x_1 + x_2 + x_4) - 500(y_1 + y_2) = NE_4$

$300(x_1 + x_2 + x_5) - 500(y_1 + y_2) = NE_5$

$300(x_1 + x_3 + x_6) - 500(y_1 + y_3) = NE_6$

$300(x_1 + x_3 + x_7) - 500(y_1 + y_3) = NE_7$

Obergrenzen für die Auftragsannahme:

$x_1 \leq 2,\ x_2 \leq 1,\ x_3 \leq 2,\ x_4 \leq 1,\ x_5 \leq 2,\ x_6 \leq 1,\ x_7 \leq 2$

Abstimmung „Auftragsannahme ↔ Anlagenbeschaffung":

$x_1 \leq y_1,\ x_2 \leq y_1 + y_2,\ x_3 \leq y_1 + y_3,\ x_4 \leq y_1 + y_2$

$x_5 \leq y_1 + y_2,\ x_6 \leq y_1 + y_3,\ x_7 \leq y_1 + y_3$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingungen:

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, y_1, y_2, y_3 \in \mathrm{IN}_0$

Als Ergebnis erhalten wir

$y_2 = 0,\ x_1 = x_2 = x_4 = x_5 = x_6 = y_1 = y_3 = 1$ sowie $x_3 = x_7 = 2$

und damit wiederum i=3 als optimale Aktionsfolge.

2.2.3. Kritik

Zum Abschluß unserer Überlegungen wollen wir kurz auf zwei Aspekte eingehen, die häufig zum Anlaß der Kritik an der Methode der flexiblen Planung genommen werden:[200]

(a) Ein erster Kritikpunkt bezieht sich auf den bei der Anwendung flexibler Planungsverfahren zu betreibenden Aufwand, dessen Ausmaß vor allem von der Anzahl sowie dem Maß an Detailliertheit der in das Modell eingehenden Entscheidungsvariablen

[200] Vgl Laux (1982, S. 275 ff.).

und Daten abhängt. Durch Vereinfachungen im Bereich des Entscheidungsfeldes (Stichwort: Komplexität) können erhebliche Einsparungen realisiert werden.[201] Zu diesen Vereinfachungen zählen neben Vergröberungen des Alternativenraums vor allem Beschränkungen im Bereich der Umweltzustände. Letzgenannte lassen sich realisieren, indem man eine Empfehlung aus dem Bereich der Szenario-Technik aufgreift.[202] Diese Empfehlung besagt, daß es bei großen und unübersichtlichen Datenmengen sinnvoll sein kann, nicht alle potentiellen Datenkonstellationen in den Kalkül einzubeziehen, sondern sich auf besonders wesentliche Datenkonstellationen zu konzentrieren. Betrachtet man beispielsweise z Indikatoren, die allesamt (lediglich) dichotom ausgeprägt sein können, dann lassen sich insgesamt $J=2^z$ Umweltzustände unterscheiden. Bei drei Indikatoren sind dann acht, bei fünf Indikatoren sind 32 und bei zehn Indikatoren sind bereits 1024 alternative Datenkonstellationen zu berücksichtigen. Gerade im Bereich der strategischen (Personal-) Planung ist die Zahl der Indikatoren vielfach relativ hoch, so daß man sich auf eine Auswahl besonders „prägnanter" Umweltzustände – z.B. zweier Extremszenarien und zweier „mittlerer" Szenarien -beschränken sollte.[203] In *Abb. 18* sind diese Zusammenhänge graphisch angedeutet:[204]

[201] Weitere Vereinfachungsmöglichkeiten bestehen z.B. in einer Kombination von flexibler und starrer Planung [vgl. Inderfurth (1982, S. 66 ff.)].

[202] Vgl. z.B. Götze (1991, S. 39), Hanssmann (1985, S. 28 f.) sowie Meyer-Schönherr (1992). Vgl. ferner Schultz (1986).

[203] Welche Datenkonstellationen als „mittlere" Szenarien ausgewählt werden sollen, stellt ein nichttriviales Problem dar. Auch hier zeigt sich die besondere Bedeutung von Unschärfen im strategischen Planungsprozeß.

[204] Vgl. Reibnitz (1987).

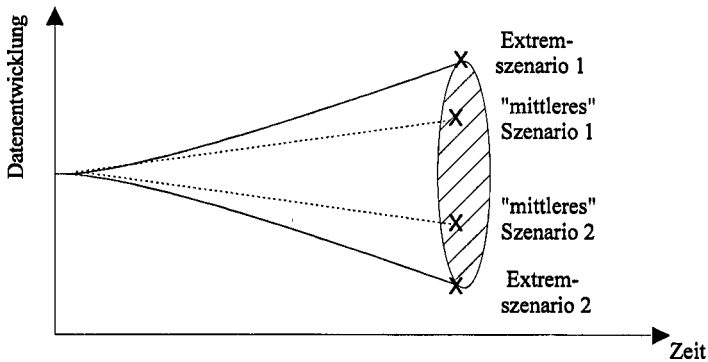


Abb. 18: Szenarien

(b) Ein weiterer Kritikpunkt ist auf die Möglichkeiten gerichtet, Prognosen über künftige Umweltentwicklungen anstellen zu können. Es gilt als Binsenweisheit, daß Aussagen über die Zukunft fehlerbehaftet sein können und auch häufig sein werden. Dies stellt jedoch keinen Grund dar, auf (flexible) Planung zu verzichten, und zwar vor allem weil man zum einen (auch im Rahmen der flexiblen Planung) nicht notwendig auf die Formulierung exakter Wahrscheinlichkeitsurteile angewiesen ist. Darauf werden wir unten ausführlich zurückkommen. Zum anderen besteht jederzeit die Möglichkeit, rollierend zu planen, d.h. auch bei flexibler Planung Planrevisionen vorzunehmen, wenn Verbesserungen im Informationsstand des Entscheidungsträgers zu verzeichnen sind.

2.3. Die Verarbeitung vager Informationen im Rahmen der strategischen Personalplanung

2.3.1. Vorbemerkung

Vor allem aufgrund der Tatsache, daß die Erfolgswirkung strategischer Pläne auf lange Fristen hin ausgelegt ist und daß strategische Pläne in mehrfacher Hinsicht Flexibilität gewährleisten sollen, liegen die sowohl über die personalstrategischen Konditionen als auch über die personalstrategischen Effekte verfügbaren Informationen i.d.R. in äußerst vager Form vor. Somit spielen prognostische Unbestimmtheiten eine herausragende Rolle im Prozeß der strategischen Personalplanung. Vielfach wird in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur für Entscheidungsprobleme unter Risiko die Verwendung wahrscheinlichkeitstheoretischer Kalküle empfohlen.[205] Die Bedingungen, unter denen man sich Wahrscheinlichkeitsurteile bilden kann, sind jedoch

[205] Vgl. z.B. Laux (1982).

recht einschneidender Natur. Die folgenden Ausführungen dienen deshalb einer kritischen Betrachtung wahrscheinlichkeitstheoretischer und einer skizzenhaften Darstellung weiterer (bzgl. des Prämissenrahmens abweichender) Kalküle. Dabei werden wir die Ereignisse zunächst als „klassische" (scharfe) Mengen interpretieren (Abschn. 2.3.2.) und anschließend die Wahrscheinlichkeit und Möglichkeit von unscharfen Ereignissen thematisieren (Abschn. 2.3.3.).

2.3.2. Ausgewählte Unsicherheitsmaße für klassische Ereignismengen

2.3.2.1. Basiselemente und Anwendungen der Wahrscheinlichkeitstheorie

2.3.2.1.1. Terminologische und systematische Grundlagen

2.3.2.1.1.1. Wahrscheinlichkeitsbegriffe

In vielen Lehrbüchern, die eine Aufbereitung wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlagen enthalten, werden einführend verschiedene Wahrscheinlichkeitsbegriffe präsentiert.[206] Wir wollen nun in der gebotenen Kürze auf zwei Spielarten des Begriffs der objektiven sowie auf den Begriff der subjektiven Wahrscheinlichkeit eingehen *(s. Abb. 19)*:

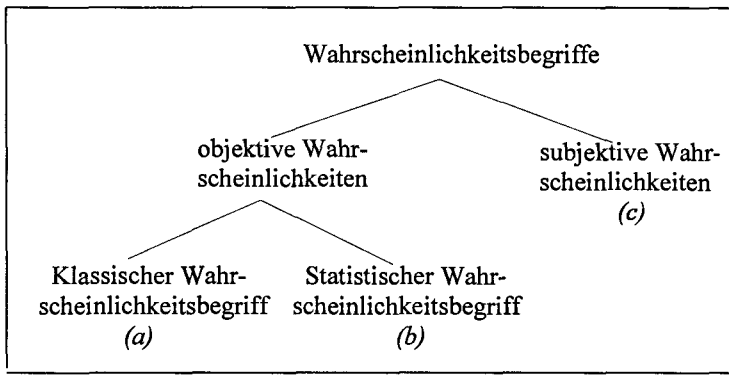


Abb. 19: Objektive und subjektive Wahrscheinlichkeiten

Ad (a): Bei Verwendung des klassischen (bzw. Laplaceschen) Wahrscheinlichkeitsbegriffs ist die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses A $[Prob(A)]$ gleich dem Quotienten aus der Zahl der günstigen und der Zahl aller gleichmöglichen Fälle.[207]

[206] Vgl. z.B. Bleymüller et al. (1988, S. 25 ff.), Bronstein/Semandjajew (1987, S. 655 ff.) sowie Laux (1982, S. 131 ff.).

[207] Vgl. J. Bernoulli (1713), der die gleichmöglichen Fälle als diejenigen kennzeichnet, die mit gleicher Leichtigkeit eintreten können.

$$\text{Def. 1:} \quad Prob(A) = \frac{\text{Zahl der günstigen Fälle}}{\text{Zahl aller gleichmöglichen Fälle}}$$

Die klassische Wahrscheinlichkeitsdefinition kann nur dann sinnvoll angewendet werden, wenn alle Elementarereignisse gleichmöglich sind. Dies wird dann konstatiert, wenn man keinen Grund zu der Annahme hat, daß im paarweisen Vergleich ein Ereignis eher eintreten werde als ein anderes (sog. Prinzip des unzureichenden Grundes). Die Möglichkeiten zur Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten auf Basis dieser Definition sind somit – wegen der Gleichverteilungsprämisse – stark begrenzt.[208]

Ad (b): Bei Verwendung des statistischen Wahrscheinlichkeitsbegriffes geht man davon aus, daß bei einer Anzahl von n unabhängigen Versuchen das Ereignis A eintritt, für das die Wahrscheinlichkeitsangabe gesucht wird. *Prob(A)* ist dann definiert als Grenzwert der relativen Häufigkeit des Eintretens von A:[209]

$$\text{Def. 2:} \quad Prob(A) = \lim_{n \to \infty} \frac{\text{absolute Häufigkeit von } A \text{ bei } n \text{ Versuchen}}{n}$$

Voraussetzung der Verwendung dieser Wahrscheinlichkeitsdefinition ist die „hinreichend" große (quasi unendliche) Anzahl von Versuchen unter gleichbleibenden Bedingungen. Wird z.B. ein idealer Würfel hinreichend lange geworfen, wird sich die Wahrscheinlichkeit für jede der sechs möglichen Augenzahlen mit zunehmender Wurfzahl mehr und mehr dem Wert 1/6 nähern. Da viele betriebswirtschaftliche Entscheidungssituationen – auch und gerade im Bereich der strategischen Planung – Unikate darstellen, ist die Verwendbarkeit dieser Wahrscheinlichkeitsdefinition ebenfalls stark eingeschränkt.[210]

Ad (c): Wahrscheinlichkeiten, die die unter (a) und (b) genannten Voraussetzungen erfüllen, werden auch als objektive Wahrscheinlichkeiten bezeichnet. Ihnen werden in

---

[208] Billot (1991, S. 304) karikiert die Problematik des Prinzips des unzureichenden Grundes wie folgt: Zwei Professoren (A und B) unterhalten sich über die Möglichkeit der Existenz von Tieren außerhalb unseres Planeten. Die Frage von A, wie B die Wahrscheinlichkeit dafür einschätze, daß außerhalb der Erde Elefanten leben, beantwortet dieser unter Bezugnahme auf das Prinzip des unzureichenden Grundes mit einer Wahrscheinlichkeitsangabe in Höhe von 0,5. Danach erbittet A die Wahrscheinlichkeitsangabe von B bezüglich Enten, Kühen usw. Insgesamt spricht er 20 verschiedene Tierarten an, wobei B jedesmal erneut die Wahrscheinlichkeit 0,5 angibt. Anschließend berechnen die beiden Professoren die Wahrscheinlichkeit dafür, daß keines dieser Tiere außerhalb der Erde lebt, indem sie zwanzigmal die Wahrscheinlichkeit der Nichtexistenz der einzelnen Tierarten miteinander multiplizieren. Sie stellen sodann fest, daß diese Wahrscheinlichkeit ($0{,}5^{20}$=) 1:1.000.000 beträgt. Somit könne man mit an Sicherheit grenzender (Gegen-)Wahrscheinlichkeit von der außerirdischen Existenz mindestens einer der genannten Tierarten ausgehen.

[209] Kritisch zur statistischen Definition des Wahrscheinlichkeitsbegriffs äußern sich z.B. Bronstein/Semandjajew (1987, S. 658).

[210] Vgl. z.B. Demant (1993, S. 85 ff., insbes. S. 86 f.) sowie Laux (1982, S.122).

der entscheidungstheoretischen Literatur üblicherweise sog. subjektive Wahrscheinlichkeiten gegenübergestellt.[211] Subjektive Wahrscheinlichkeiten sind „[...] auf persönlichen Erfahrungen und Intuition beruhende Glaubwürdigkeitsvorstellungen [...]"[212] von Entscheidungsträgern, die über sog. direkte oder indirekte Verfahren ermittelt werden können.[213] Während direkte Verfahren auf Befragungen basieren, bei denen der Interviewer die Konsistenz eines Wahrscheinlichkeitsurteils des Entscheidungsträgers (z.B. durch hypothetische Entscheidungssituationen oder binäre Wahrscheinlichkeitsrelationen) überprüft[214], gelangt der Entscheidungsträger bei Anwendung indirekter Verfahren durch äquivalente Urnen, hypothetische Wetten etc. zu einer Aussage über die Wahrscheinlichkeitsverteilung.[215]

2.3.2.1.1.2. Kolmogoroffsche Axiome

Diejenigen Glaubwürdigkeitsvorstellungen, die wir im vorliegenden Abschnitt (2.3.2.1.) als Wahrscheinlichkeiten bezeichnen,[216] seien es objektive oder subjektive, haben maßtheoretischen Anforderungen, nämlich den sog. – auf σ-Algebren basierenden - Kolmogoroffschen Axiomen, zu genügen.[217]

Def. 3: Ein System $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{P}(\Theta)$ von Teilmengen einer klassischen Menge heißt σ-Algebra[218] auf dem Ergebnisraum Θ, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:[219]

(W.1.) $\varnothing \in \mathfrak{F} \wedge \Theta \in \mathfrak{F}$

(W.2) $A \in \mathfrak{F} \Rightarrow A^C \in \mathfrak{F}$

(W.3) $A_i \in \mathfrak{F} (i \in I) \Rightarrow \bigcup_{i \in I} A_i \in \mathfrak{F}$, mit I als höchstens abzählbare Indexmenge[220]

---

[211] Vgl. z.B. Laux (1982, S. 134 ff.) sowie Anscombe/Aumann (1963)..

[212] Laux (1982, S. 135).

[213] Vgl. z.B. Laux (1982, S. 220 ff.), Lindstädt (1997, S. 59 ff.) sowie Pfohl (1977).

[214] Der Entscheidungsträger kann sein Wahrscheinlichkeitsurteil auf diesem Wege selbstverständlich auch selbst überprüfen.

[215] Hierzu kritisch äußern sich z.B. Bandemer/Gottwald (1993, S. 149 f.).

[216] Sie werden im folgenden auch als Kolmogoroffsche oder „traditionelle" Wahrscheinlichkeiten bezeichnet.

[217] Vgl. z.B. Bauer (1992, S. 2 ff.), Maibaum (1980, S. 30 ff.) sowie Reinhardt/Soeder (1987, S. 467).

[218] Wir werden im folgenden für den Begriff „σ-Algebra" auch die Bezeichnung „Ereignisalgebra" verwenden.

[219] Die Elemente von $\mathfrak{F}$ heißen Ereignisse, die einelementigen Ereignisse werden Elementarereignisse genannt. A^C bezeichnet das Komplement von A bzgl Θ.

Zur Verdeutlichung von (W.1)-(W.3) betrachten wir folgendes Beispiel: Sei $\Theta = \{1,2,3,4,5,6\}$ die Menge der möglichen Augen beim Werfen eines idealen Würfels. Ein Ereignis A_i kann dann z.B. der Wurf einer geraden Zahl (i=1), einer 6 (i=2) oder einer Primzahl (i=3) sein; somit gilt: $A_1 = \{2,4,6\}$, $A_2 = \{6\}$ und $A_3 = \{2,3,5\}$.[221]

Def. 4: Eine Funktion $Prob: \mathfrak{F} \to [0,1]$ heißt Wahrscheinlichkeitsmaß auf einer Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

(W.4) $A \in \mathfrak{F} \Rightarrow Prob(A) \geq 0$

(W.5) $Prob(\Theta) = 1$

(W.6) $A_1, A_2, \ldots \in \mathfrak{F}$ und $A_i \cap A_j = \varnothing \; \forall i \neq j \Rightarrow Prob\left(\bigcup_i A_i\right) = \sum_i Prob(A_i)$

Es ist unmittelbar einsichtig, daß aus (W.6) i.V.m. (W.5) die Beziehungen

(W.7) $Prob(A^C) = 1 - Prob(A)$ sowie

(W.8) $Prob(\varnothing) = 0$

folgen.[222] Bei kritischer Betrachtung eines aus den Kolmogoroffschen Axiomen abgeleiteten Wahrscheinlichkeitsbegriffs läßt sich feststellen, daß dieser zunächst einmal inhaltsleer ist, und zwar insofern als das, was man als Wahrscheinlichkeit bezeichnen möchte, „lediglich" diesen Axiomen zu genügen hat.[223] Damit ist jedoch noch nichts über die Gewinnung solcher Glaubwürdigkeitsziffern gesagt, denn im konkreten Anwendungsfall müssen entweder objektive Wahrscheinlichkeiten vorliegen oder der Entscheidungsträger muß (zur Gewinnung subjektiver Wahrscheinlichkeiten) auf eines der oben skizzierten (in)direkten Verfahren zurückgreifen.

Damit – und vor allem mit der Bedingung der σ-Additivität (W.6) – wird jedoch ein recht enger Restriktionenraum aufgespannt, denn in vielen Fällen (auch und gerade im Bereich der strategischen Personalplanung) werden die Informationen des Entscheidungsträgers zur Erfüllung der Kolmogoroffschen Axiome nicht hinreichend präzise sein. Probleme der Ermittlung „traditioneller" Wahrscheinlichkeiten stellen sich z.B. bei der Beurteilung der Zuverlässigkeit eines Atomkraftwerkes, bei der Ein-

---

[220] Eine Menge heißt höchstens abzählbar, wenn sie endlich oder abzählbar unendlich ist [vgl. Bauer (1992, S. XIV)].

[221] Während $|\mathfrak{P}(\Theta)| = 2^6 = 64$ gilt, umfaßt die Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$ in unserem Beispiel wesentlich weniger (nämlich 32) Elemente.

[222] Anm.: Θ wird auch als sicheres und $\varnothing$ als unmögliches Ereignis bezeichnet. Auf die (explizite) Forderung (W.4) kann im übrigen verzichtet werden [vgl. Reinhardt/Soeder (1987, S. 467)].

[223] „Aus der Axiomatisierung [...] ist nicht ersichtlich, ob es sich bei den unterliegenden Wahrscheinlichkeiten um objektive oder subjektive Wahrscheinlichkeiten handelt." [Lindstädt (1997, S. 53)].

schätzung langfristiger Absatzchancen auf Märkten für innovative Produkte oder bei der Beurteilung des Personalbedarfs für die nächsten 15 Jahre. Wenn jedoch die Bedingungen für die Bestimmung Kolmogoroffscher Wahrscheinlichkeiten nicht erfüllt werden können, dann ist auch die Anwendung wahrscheinlichkeitstheoretischer Kalküle fragwürdig. Wir wollen uns deswegen im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit auch anderen von der Wissenschaft entwickelten (Unsicherheits-) Maßen zuwenden. Diese Maße kommen ohne die restriktive Eigenschaft der σ-Additivität[224] aus und sind für solche Situationen gedacht, in denen keine Wahrscheinlichkeitsaussagen (im Kolmogoroffschen Sinne) getroffen werden können.[225] Um jedoch möglichen Mißverständnissen vorzubeugen, sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die („traditionelle") Wahrscheinlichkeitstheorie die am weitesten fortgeschrittene Theorie im Bereich der Ableitung und Verarbeitung von Prognosen darstellt. Die weiter unten thematisierten Kalküle sollten deshalb nur dann Anwendung finden, wenn die Wahrscheinlichkeitstheorie versagt.

2.3.2.1.2. Entscheidungen mit probabilistischen Daten

In den Forschungsgebieten der (normativen) Entscheidungstheorie und des Operations Research wurde bis dato eine Vielzahl von Kalkülen zur Entscheidungsfindung bei probabilistischen Daten entwickelt, die sich vor allem dadurch unterscheiden, ob die Zufallsvariablen zum einen und die Handlungsalternativen zum anderen als stetige oder diskrete Größen zu betrachten sind. Wir können aufgrund der breiten Palette einschlägiger Lehrbuchliteratur darauf verzichten, die – auf dem Grundmodell der Entscheidungstheorie basierenden und vielfach von Axiomatisierungen geprägten - Entwicklungen für den Fall diskreter Umweltzustände und Handlungsalternativen nachzuzeichnen.[226]

---

[224] Zur Additivität, Subadditivität und Superadditivität von Maßen s. die folgenden Definitionen [vgl. z.B. Wang/Klir (1992, S. 291 ff.) und Ott (1996, S. 44)]:

Def. 5: Eine Funktion $\mu: \mathfrak{F} \to [0,\infty], \mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{P}(\Theta)$ heißt

(a) additiv $\forall A, B \subseteq \mathfrak{F}, A \cap B = \emptyset: \mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B)$

(b) subadditiv $\forall A, B \subseteq \mathfrak{F}, A \cap B = \emptyset: \mu(A \cup B) \leq \mu(A) + \mu(B)$

(c) superadditiv $\forall A, B \subseteq \mathfrak{F}, A \cap B = \emptyset: \mu(A \cup B) \geq \mu(A) + \mu(B)$

[225] S. in diesem Zusammenhang auch Schneider (1979, S. 90): „ Praktisches Gewicht besitzen gerade jene Erscheinungsformen der Ungewißheit, die durch geringere Meßbarkeitsanforderungen gekennzeichnet sind [...]" als Kolmogoroffsche Wahrscheinlichkeiten. Vgl. außerdem Dyckerhoff (1994), Erev (1992), Franke (1986), Gaines (1984), Hanuscheck (1986), Insua (1992), Müller-Merbach/Golling (1978), Muir (1986), Schmeidler (1989), Smets (1982 u. 1988), Wakker (1989 u. 1990) sowie Wallsten (1990 u. 1991).

[226] Vgl. statt vieler z.B. Bitz (1981), Dyckman et al. (1969), Fishburn (1964), Laux (1982) sowie Stegmüller (1973). Wir gehen - soweit möglich - in der vorliegenden Arbeit durchgängig von der Annahme aus, der Entscheidungsträger orientiere sich am Bernoulli-Prinzip. Sofern Abweichun-

Da wir uns jedoch in Teil D mit der Konstruktion und Analyse von linearen Optimierungsmodellen beschäftigen werden, sollen hier kurz die wichtigsten Ansätze der stochastischen linearen Programmierung skizziert werden.[227] Im Gegensatz zu dem deterministischen Programm (LP.1)-(LP.3)[228] sind in Modellen der Stochastischen Linearen Programmierung der Vektor der Zielfunktionskoeffizienten $(\hat{\mathbf{C}}: n \times 1)$, der Rechte Hand-Vektor $(\hat{\mathbf{b}}: m \times 1)$ und/oder die Matrix der Koeffizienten im Restriktionenraum $(\hat{\mathbf{A}}: m \times n)$ mit stochastischen Größen besetzt. Solche Ansätze weisen in allgemeiner Schreibweise folgende Gestalt auf:

(SLP.1) $\hat{\mathbf{C}}^{\mathbf{T}} \cdot \mathbf{x} \rightarrow$ max oder min!

u.d.N.: (SLP.2) $\hat{\mathbf{A}} \cdot \mathbf{x} \leq \hat{\mathbf{b}}$

(SLP.3) $\mathbf{x} \geq \vec{0}$

Zu den bekanntesten Ansätzen zur Lösung von Modellen des Typs (SLP.1)-(SLP.3) zählen vor allem die Fat solution-Methode (a), Ansätze des Chance constrained-Programming (b), Zwei-Stufen-Kompensations- (c) sowie Erwartungswertmodelle (d).

Ad (a): Bei Anwendung der Fat solution-Methode wird die sog. „fette", nämlich die bei jeder möglichen Realisation der Zufallsvariablen (im Restriktionenraum) zulässige, Lösung bestimmt. Während man in der Zielfunktion Erwartungswerte in Ansatz bringt, wird (SLP.2) somit durch die entsprechende Anzahl deterministischer Restriktionen vom Typ (LP.2) ersetzt, so daß dieses Verfahren nur bei diskreten Zufallsvariablen zu einer nicht-leeren Lösungsmenge führen kann.

Ad (b): Die auf Charnes/Cooper[229] zurückgehenden Chance constrained-Modelle, bei denen vielfach schwerwiegende Faltungsprobleme auftreten, gehen i.d.R. entweder von nicht-stochastischen oder von mit Erwartungswerten besetzten Zielfunktionen aus. Im Restriktionenraum wird (SLP.2) durch

(SLP.2a) $Prob(\hat{\mathbf{A}} \cdot \mathbf{x} \leq \hat{\mathbf{b}}) \geq \boldsymbol{\alpha}$

ersetzt. Dabei ist $\boldsymbol{\alpha}$ ein Vektor von Mindestwahrscheinlichkeiten, mit denen die Restriktionen eingehalten werden sollen. „Im allgemeinen Fall [...] bildet der Bereich zulässiger Lösungen jedoch nur bei ‚gutartigen' Wahrscheinlichkeiten [...] und Verteilungsfunktionen [...] eine konvexe Menge. Daher existieren nur für bestimmte Problemtypen Lösungsalgorithmen, bei denen z.T. auch neben dem Erwartungswert die

---

gen von dieser Prämisse erforderlich sind, machen wir ausdrücklich darauf aufmerksam. Zur Kritik am Bernoulli-Prinzip vgl. z.B. Laux (1982), Eisenführ/Weber (1994) und Schneider (1979).

[227] Vgl. z.B. Dinkelbach (1982, S. 57 ff.), Jarr (1976, S. 42 ff.), Piesch (1968, S. 77 ff.), Rommelfanger (1994, S. 277 ff.), Werner (1973) sowie Zimmermann (1987, S. 112 ff.).

[228] Vgl. Abschnitt B.3.2.2.3., S. 59.

[229] Vgl. Charnes/Cooper (1959).

Varianz oder die Fraktile der Verteilung der Zielfunktionswerte zur Optimierung herangezogen werden."[230]

Ad (c): Zwei-Stufen-Kompensationsmodelle, die oft lediglich als Kompensationsmodelle bezeichnet werden verfolgen die Idee, daß man zunächst einmal auf einer ersten Sufe „zulässige Lösungen" generiert und diese dann, sofern sie sich später doch als unzulässig erweisen sollten, auf einer zweiten Stufe revidiert. Die aus den getroffenen Entscheidungen der ersten Stufe resultierenden Nachteile sollen durch „Nachbesserungen" auf der zweiten Stufe kompensiert werden. Als Ziel kommt dann z.B. die Minimierung des Erwartungswertes der Nachbesserungskosten (deren Operationalisierung vielfach problematisch sein wird) in Betracht.

Ad (d): Die einfachste Methode zur Lösung von (SLP.1)-(SLP.3) besteht darin, lediglich die Erwartungswerte der Zufallsvariablen in Ansatz zu bringen. Man erhält dann ein quasi-deterministisches Modell vom Typ (LP.1)-(LP.3). Dieses extrem reduktionistische Vorgehen hat jedoch seinen Preis, dessen konkrete Ausprägung von der Robustheit der ermittelten Lösung abhängig ist.

2.3.2.2. Basiselemente und Anwendungen der LPI-Theorie

2.3.2.2.1. Terminologische und sytematische Grundlagen

LPI ist das Kürzel für **L**ineare **P**artielle **I**nformation. Zu den wichtigsten Anwendungen der von Menges und Kofler initiierten LPI-Theorie[231] zählt die Betrachtung unvollständiger Wahrscheinlichkeitsurteile in Form von Intervallwahrscheinlichkeiten[232], komparativen Wahrscheinlichkeiten[233] oder in Form additiv verknüpfter Wahrscheinlichkeiten[234]. Bevor wir den LPI-Begriff definieren, führen wir zunächst den Terminus „Verteilungssimplex"[235] ein: Bezeichnet man die Menge der potentiellen

---

[230] Jarr (1976, S. 48 f.).

[231] Vgl. zur LPI-Theorie z.B. Bamberg/Coenenberg (1985, S. 113 ff.), Brand (1981), Huschens/Kofler/Menges (1983), Kofler (1989), Kofler/Menges (1976), Kofler/Zweifel (1991), Mosler (1991), Motsch (1995, S. 101 ff.), Schelbert (1981), Warnez (1984, S. 109 ff.) und Wollenhaupt (1982, S. 74 ff.). Zu einer (in Analagoie zu den Kolmogoroffschen Axiomen formulierten) axiomatischen Begründung der LPI-Theorie vgl. Kofler (1989, S. 334-337). Offenbar ohne Kenntnis der LPI-Theorie haben Jacob/Karrenberg (1977) einen ähnlichen (jedoch weniger ausgereiften) Ansatz formuliert.

[232] Bsp.: $w_1 \leq 0{,}6;\ 0{,}2 \leq w_2 \leq 0{,}8$

[233] Bsp.: $w_1 \leq w_2$

[234] Bsp.: $w_1 + w_2 \geq w_3$

[235] Vgl. z.B. Kofler (1989, S. 23).

Umweltzustände mit $\bar{J} = \{j | j = 1,2,...,J\}$ und die Menge der potentiellen Verteilungen über $\bar{J}$ mit $\{\mathbf{w}|\mathbf{w}' = (w_1,...,w_J)\}$, dann ist das Verteilungssimplex $V^{(J)}$ definiert als:[236]

$$V^{(J)} = \left\{ \mathbf{w} | w_j \geq 0; \sum_{j=1}^{J} w_j = 1 \right\}$$

Der Informationsstand des Entscheidungsträgers kann als Teilmenge $(T(\mathbf{w}))$ des Verteilungssimplex charakterisiert werden $\left(T(\mathbf{w}) \subseteq V^{(J)}\right)$. Im Risikofall entspricht $T(\mathbf{w})$ genau einem Punkt von $V^{(J)}$, im Falle der Ungewißheit entspricht $T(\mathbf{w})$ dem gesamten Verteilungssimplex $V^{(J)}$ und bei partieller Information stellt $T(\mathbf{w})$ eine echte Teilmenge von $V^{(J)}$ dar, für deren Mächtigkeit $|T(\mathbf{w})| > 1$ gilt. Die Teilmenge $\left(T(\mathbf{w}) \subseteq V^{(J)}\right)$ wird als $LPI(\mathbf{w})$ bezeichnet, sofern sie sich als Lösungsmenge eines linearen Ungleichungssystems der Art

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{w} \geq \mathbf{b}; \mathbf{w} \geq \vec{0}; \sum_{j=1}^{J} w_j = 1; \text{ mit } \mathbf{A}: m \times J; \mathbf{w}: J \times 1; \mathbf{b}: m \times 1; m > J \qquad \text{(L.1)}$$

darstellen läßt.

Aufgrund der Linearitätseigenschaft erzeugt ein solches Ungleichungssystem einen konvexen Polyeder[237], dessen Darstellung wir uns nun in der gebotenen Kürze zuwenden wollen. Im Fall zweier Zustände ergibt sich für $LPI(\mathbf{w})$ eine Gerade. Diese ist für $LPI(\mathbf{w}) := V^{(2)}$ sowie für $LPI(\mathbf{w}) := (w_1 \geq w_2)$ in den *Abbildungen 20a* und *20b* jeweils fett eingezeichnet:

[236] Vgl. zum Begriff des Simplex z.B. Reinhardt/Soeder (1987, S. 241).
[237] Vgl. Bartels (1988, S. 434).

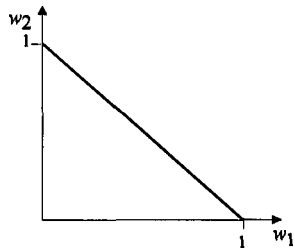


Abb. 20a: $LPI(\mathbf{w}) := V^{(2)}$

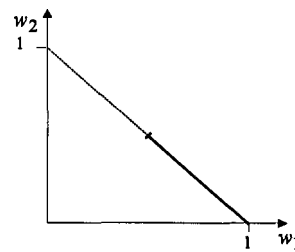


Abb. 20b: $LPI(\mathbf{w}) := (w_1 \geq w_2)$

Durch die Summennormierungsvorschrift, nach der nur solche Verteilungen zulässig sind, bei denen sich die Einzelwahrscheinlichkeiten zu Eins addieren, lassen sich $LPI(\mathbf{w})$ für den Fall dreier Zustände anschaulich im sog. baryzentrischen Dreieck darstellen.[238] Als baryzentrisch wird ein gleichseitiges Dreieck ABC bezeichnet dessen Mittelsenkrechten AF, BD und CE die Einheitshöhe 1 aufweisen. Für die Koordinaten der Eckpunkte gilt A=(0,1,0), B=(0,0,1) und C=(1,0,0). Im hier interessierenden Fall der Darstellung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen weisen wir den Abständen von den Seiten AB, BC und AC die Koordinaten w_1, w_2 und w_3 zu, wobei jeder Punkt im Innern sowie auf dem Rand des Dreiecks ABC – und somit selbstverständlich auch jeder Kreuzungspunkt der in *Abb. 21* eingezeichneten Gitterhilfslinien - zum Wert $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ führt.

[238] Vgl. z.B. Kofler (1989, S. 22 f.).

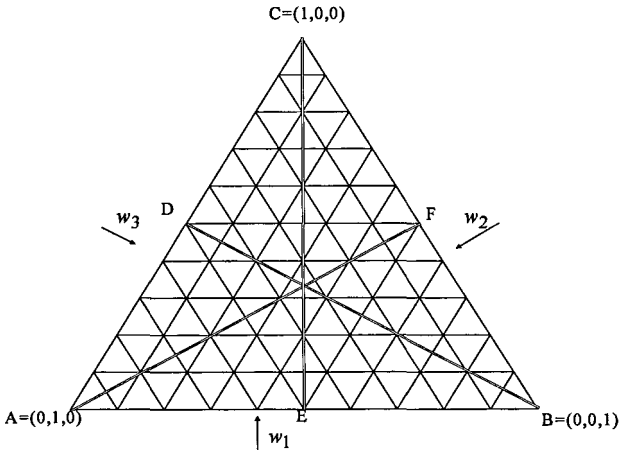


Abb. 21: Baryzentrisches Dreieck

In den *Abbildungen 22* und *23* werden zwei exemplarische $LPI(\mathbf{w})$ im baryzentrischen Dreieck dargestellt:

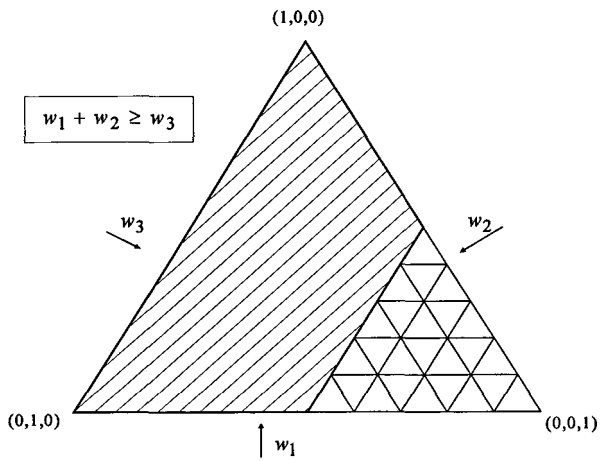


Abb. 22: Beispiel einer $LPI(\mathbf{w})$ im baryzentrischen Dreieck

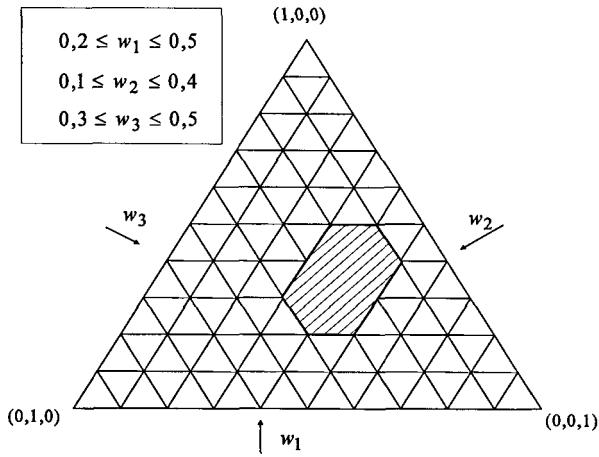


Abb. 23: Beispiel einer LPI(w) im baryzentrischen Dreieck

In *Abb. 24* ist eine „entartete" *LPI*(**w**), nämlich das Baryzentrum[239] für den Fall $J = 3$, dargestellt:

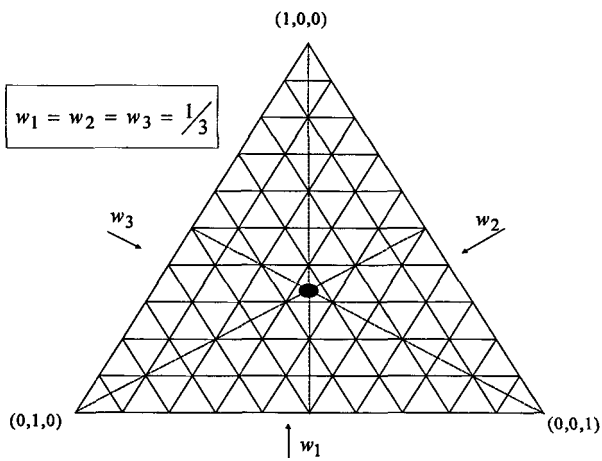


Abb. 24: Baryzentrum im Fall J=3

Neben der Repräsentation einer *LPI*(**w**) als konvexer Polyeder oder als lineares Ungleichungssystem besteht die Möglichkeit der Darstellung in Form der sog. Eck- oder

[239] Vgl. zu diesem Begriff wiederum Reinhardt/Soeder (1987, S. 241).

Extremalpunktematrix $[\mathbf{M}(LPI)]$, die wie folgt bestimmt werden kann:[240] Wir stellen die $LPI(\mathbf{w})$ zunächst als lineares Ungleichungssystem der Form

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1J} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{iJ} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m-1,1} & \cdots & a_{m-1,j} & \cdots & a_{m-1,J} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_j \\ \vdots \\ w_J \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_i \\ \vdots \\ b_{m-1} \end{pmatrix} \geq \vec{0} \qquad \text{(L.2)}$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_j = 1 \qquad \text{(L.3)}$$

dar. Dieses System besteht also aus J Variablen $(w_1, w_2, \ldots, w_J)$ sowie m linearen Restriktionen (mit $m > J$), und zwar inklusive der J Nichtnegativitätsbedingungen[241] und einschließlich Summennormierungsrestriktion. Zur Bestimmung der Eckpunktematrix hat man jeweils $J-1$ Zeilen $(i_1, \ldots, i_{J-1})$ aus (L.2) auszuwählen, die als Gleichungen formuliert werden. Unter Beachtung von (L.3) entstehen somit insgesamt $\binom{m-1}{J-1}$ Gleichungssysteme der Form (L.4):

$$\begin{bmatrix} a_{i_1 1} & \cdots & a_{i_1 j} & \cdots & a_{i_1 J} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i_{J-1} 1} & \cdots & a_{i_{J-1} j} & \cdots & a_{i_{J-1} J} \\ 1 & \cdots & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_J \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{i_1} \\ \vdots \\ b_{i_{J-1}} \\ -1 \end{pmatrix} = \vec{0} \qquad \text{(L.4)}$$

Alle Lösungen der Gleichungssysteme (L.4) sind anschließend daraufhin zu überprüfen, ob sie die restlichen Restriktionen des Ungleichungssystems (L.2) erfüllen. Die Lösungen, für die dies gewährleistet ist, bilden die Extremalpunktematrix.

Für das Beispiel der bereits im baryzentrischen Dreieck der *Abb. 22* dargestellten $LPI(\mathbf{w})$ hat das System (L.2/L.3) folgende Gestalt:

[240] Vgl. z. B. Motsch (1995, S. 111 ff.) und Kofler (1989, S. 25 ff.).

[241] Um möglicherweise auftretenden Mißverständnissen vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, daß im Gegensatz zu der Matrix $[\mathbf{a}_{ij}]$ in (L.2) die Koeffizienten für die Nichtnegativitätsbedingungen in der Matrix $\mathbf{A}$ in (L.1) *nicht* enthalten sind.

$$
\begin{aligned}
w_1 + w_2 - w_3 &\geq 0\\
w_1 &\geq 0\\
w_2 &\geq 0\\
w_3 &\geq 0\\
w_1 + w_2 + w_3 &= 1
\end{aligned}
$$

Hieraus können die folgenden $\binom{m-1}{J-1} = \binom{4}{2} = 6$ Systeme der Art (L.4) konstruiert werden:

$w_1 + w_2 - w_3 = 0$ $w_1 = 0$ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (L.4a)	$w_1 + w_2 - w_3 = 0$ $w_2 = 0$ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (L.4b)	$w_1 + w_2 - w_3 = 0$ $w_3 = 0$ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (L.4c)
$w_1 = 0$ $w_2 = 0$ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (L.4d)	$w_1 = 0$ $w_3 = 0$ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (L.4e)	$w_2 = 0$ $w_3 = 0$ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (L.4f)

Aus diesen Systemen ergibt sich die folgende Eckpunktematrix:

$$
\mathbf{M}(LPI) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0{,}5 \\ 0 & 1 & 0{,}5 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}5 & 0{,}5 \end{bmatrix}
$$

Bezeichnet man die Menge der Eckpunkte einer $LPI(\mathbf{w})$ mit $\{\omega | \omega = 1,2,...,\Omega\}$ und mit $w_{j\omega}$ die Wahrscheinlichkeit des Zustandes j im Eckpunkt ω, dann besitzt die Extremalpunktematrix allgemein folgende Gestalt:

$$
\mathbf{M}(LPI) = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1\omega} & \cdots & w_{1\Omega} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{j1} & \cdots & w_{j\omega} & \cdots & w_{j\Omega} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{J1} & \cdots & w_{J\omega} & \cdots & w_{J\Omega} \end{bmatrix}
$$

Die Bestimmung der Extremalpunktematrix nach dem oben geschilderten Verfahren kann bei entsprechend großen Systemen einen erheblichen Aufwand verursachen. Einfacher hingegen ist das Auffinden der Eckpunkte bei sog. schwachen Ordnungen

(a) oder wenn der Informationsstand durch Wahrscheinlichkeitsintervalle repräsentiert wird *(b)*.

Ad (a): In Fällen, in denen $LPI(\mathbf{w}) := (w_1 \leq w_2 \leq \ldots \leq w_J)$ gilt (schwache Ordnung), ist die Bestimmung der Extremalpunktematrix sehr einfach, denn wir erhalten:[242]

$$\mathbf{M}(w_1 \leq w_2 \leq \ldots \leq w_J) = \begin{bmatrix} 1/J & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 1/J & 1/J-1 & 0 & \ddots & 0 \\ \vdots & \vdots & 1/J-2 & \ddots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 1/J & 1/J-1 & 1/J-2 & \ldots & 1 \end{bmatrix}$$

Ad (b): In Fällen, in denen Intervallangaben über die Wahrscheinlichkeiten vorliegen, in denen also $LPI(\mathbf{w}) := (\underline{w}_j \leq w_j \leq \overline{w}_j; \forall j \in \bar{J})$ gilt, ist die Verteilung $\mathbf{w}' = (w_1, w_2, \ldots, w_J)$ genau dann eine Eckpunkteverteilung , wenn J-1 Komponenten w_j von $\mathbf{w}$ die Werte $\underline{w}_j$ oder $\overline{w}_j$ annehmen, die Residualkomponente einen Wert in Höhe der Differenz zu 1 annimmt und die folgenden zusätzlichen Bedingungen erfüllt sind:[243]

$$0 \leq \underline{w}_j \leq 1 \quad \forall j \in \bar{J} \qquad \text{(L.5a)}$$

$$0 \leq \overline{w}_j \leq 1 \quad \forall j \in \bar{J} \qquad \text{(L.5b)}$$

$$\underline{w}_j \leq \overline{w}_j \quad \forall j \in \bar{J} \qquad \text{(L.5c)}$$

$$\sum_{j \in \bar{J}} \underline{w}_j \leq 1 \leq \sum_{j \in \bar{J}} \overline{w}_j \qquad \text{(L.5d)}$$

$$\sum_{j'=1}^{J} \underline{w}_{j'} + \left(\overline{w}_j - \underline{w}_j\right) \leq 1 \quad \forall j \in \bar{J} \qquad \text{(L.5e)}$$

$$\sum_{j'=1}^{J} \overline{w}_{j'} - \left(\overline{w}_j - \underline{w}_j\right) \geq 1 \quad \forall j \in \bar{J} \qquad \text{(L.5f)}^{244}$$

---

[242] Vgl. z.B. Kofler (1989, S. 25f).

[243] Vgl. z.B. Motsch (1995, S. 113 ff.).

[244] $LPI(\mathbf{w})$, die zwar (L.5a)-(L.5d) erfüllen, erfüllen nicht notwendigerweise auch (L.5e) oder (L.5f). In Fällen, in denen gegen die beiden letztgenannten Restriktionen verstoßen wird, sind die Intervallbreiten nach Maßgabe folgender Vorschriften zu verringern:

$$\overline{w}_j^* = \min\left(\overline{w}_j; 1 - \sum_{i \in \bar{J} \setminus \{j\}} \underline{w}_i\right) \qquad \underline{w}_j^* = \max\left(\underline{w}_j; 1 - \sum_{i \in \bar{J} \setminus \{j\}} \overline{w}_i\right)$$

Da J Möglichkeiten existieren, jeweils ein w_j als „Restkomponente" auszuwählen sowie 2^{J-1} Möglichkeiten, den anderen $w_{j'}$ jeweils Schrankenwerte zuzuordnen, sind insgesamt $J \cdot 2^{J-1}$ Versuche durchzuführen und auf Konsistenz zu prüfen, um die Eckpunktematrix bestimmen zu können. Zur Illustration des Vorgehens betrachten wir folgendes Beispiel:

$$\text{Für } LPI(\mathbf{w}) := \begin{cases} 0 \le w_1 \le 0{,}1 \\ 0{,}5 \le w_2 \le 0{,}6 \\ 0{,}3 \le w_3 \le 0{,}5 \end{cases}$$

sind $3 \cdot 2^2 = 12$ Versuche[245] zu prüfen. Als Ergebnis erhalten wir die Extremalpunktematrix:

$$\mathbf{M}(LPI) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0{,}1 & 0{,}1 \\ 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}5 & 0{,}6 \\ 0{,}5 & 0{,}4 & 0{,}4 & 0{,}3 \end{bmatrix}$$

2.3.2.2.2. Entscheidungen unter LPI-Bedingungen

2.3.2.2.2.1. Entscheidungsregeln

Wir wollen nun untersuchen, wie rationale Entscheidungen getroffen werden können, wenn der Entscheidungsträger „lediglich" über lineare partielle Informationen bezüglich der künftigen Umweltentwicklung verfügt. Die Entscheidungsmatrix besitzt (unter Beachtung der bisher eingeführten Symbole) in diesem Fall folgende Gestalt:

Beispiel: Für $LPI(\mathbf{w}) := \begin{cases} 0{,}1 \le w_1 \le 0{,}4 \\ 0{,}2 \le w_2 \le 0{,}6 \\ 0{,}3 \le w_3 \le 0{,}8 \end{cases}$ sind die Bedingungen (L.5a) – (L.5d) sowie (L.5f) erfüllt. Verletzt ist jedoch die Bedingung (L.5e) für j=3, denn $\sum_{j'=1}^{J} \underline{w}_{j'} + (\overline{w}_3 - \underline{w}_3) = 1{,}1$. $\overline{w}_3$ ist somit zu veringern auf $\overline{w}_3^* = \min(0{,}8; 1 - 0{,}3) = 0{,}7$. Dies ist unmittelbar einsichtig, da im vorliegenden Beispiel $w_1 \ge 0{,}1$ und $w_2 \ge 0{,}2$ gilt, so daß $w_3 \le 0{,}7$ sein muß.

[245] Die Versuche lauten:

$\overline{w}_1$	$\overline{w}_1$	$\underline{w}_1$	$\underline{w}_1$	$\overline{w}_1$	$\overline{w}_1$	$\underline{w}_1$	$\underline{w}_1$	w_1	w_1	w_1	w_1
$\overline{w}_2$	$\underline{w}_2$	$\overline{w}_2$	$\underline{w}_2$	w_2	w_2	w_2	w_2	$\overline{w}_2$	$\overline{w}_2$	$\underline{w}_2$	$\underline{w}_2$
w_3	w_3	w_3	w_3	$\overline{w}_3$	$\underline{w}_3$	$\overline{w}_3$	$\underline{w}_3$	$\overline{w}_3$	$\underline{w}_3$	$\overline{w}_3$	$\underline{w}_3$

Die Versuche 5, 8, 9 und 12 sind unzulässig.

	$LPI(\mathbf{w}) = LPI(w_1,\ldots,w_J)$				
	j=1	...	j	...	j=J
i=1	u_{11}	...	u_{1j}	...	u_{1J}
⋮	⋮		⋮		⋮
i	u_{i1}	...	u_{ij}	...	u_{iJ}
⋮	⋮		⋮		⋮
i=I	u_{I1}	...	u_{Ij}	...	u_{IJ}

Tab. 5: Entscheidungsmatrix bei linearer partieller Information

Bei Anwendung des Bernoulli-Prinzips und unter der Bedingung scharfer Wahrscheinlichkeiten (w_j) wird bekanntermaßen der Nutzenerwartungswert (E_i) für jede Handlungsalternative durch die Gleichung

$$E_i = \sum_{j=1}^{J} u_{ij} \cdot w_j \qquad \text{(L.6)}$$

bestimmt und diejenige Handlungsalternative ausgewählt, die den maximalen Nutzenerwartungswert verspricht. In Matrixschreibweise erhalten wir den Vektor der Nutzenerwartungswerte (**E**) aus der Operation

$$\mathbf{E}_{I\times 1} = \mathbf{U}_{I\times J} \cdot \mathbf{w}_{J\times 1} \qquad \text{(L.7)}$$

Bei linearer partieller Information über die Umweltentwicklung ist die Entscheidungsfindung – im Vergleich zu Fällen mit „traditionellen" Wahrscheinlichkeiten - ein komplexeres Problem. **E** liegt unter LPI-Bedingungen, da die Matrix der Nutzenwerte (**U**) mit der Extremalpunktematrix zu multiplizieren ist,[246] in Matrixform vor, so daß wir für jede Handlungsalternative - und damit in jeder Zeile der Matrix**E** - ein Erwartungswertintervall erhalten. Bezeichnet man die Anzahl der Extremalpunkte wiederum mit Ω, dann gilt:

$$\mathbf{E}_{I\times\Omega} = \mathbf{U}_{I\times J} \cdot \mathbf{M}(LPI)_{J\times\Omega} \qquad \text{(L.8)}$$

Um unter LPI-Bedingungen eine Entscheidung zu treffen, ist zwar – wie in Kalkülen mit scharfen Wahrscheinlichkeiten - auch diejenige Alternative auszuwählen, die den „günstigsten" Nutzenerwartungswert verspricht. Da die alternativenbezogenen Nut-

[246] Vgl. Warnez (1984, S. 124).

zenerwartungswerte jedoch nunmehr (als Zeilen der Erwartungswertmatrix) in Vektorform vorliegen, sind über das Bernoulli-Prinzip „hinausgehende" Entscheidungsprinzipien anzuwenden. Zur Bestimmung der „günstigsten" Alternative empfehlen Menges/Kofler[247] z.B. die Verwendung eines Entscheidungsprinzips, das sie als Max E_{min}-Prinzip bezeichnen, und das eine Kombination aus Bernoulli-Prinzip und Maximin-Kriterium darstellt.[248] Nach Maßgabe dieses Prinzips stellt diejenige Handlungsalternative die günstigste dar, die den maximalen Mindest-Nutzenerwartungswert aufweist.[249] Dies bedeutet, daß zunächst für jede Alternative die „ungünstigste" - und somit diejenige Verteilung $\mathbf{w} \in LPI(\mathbf{w})$ - bestimmt wird, die den minimalen Nutzenerwartungswert verspricht. Auszuwählen ist dann die Alternative, bei der das maximale Minimum erreicht wird. In formaler Darstellung lautet das Max E_{min}-Prinzip:[250]

$$\max_{i} \min_{\mathbf{w} \in LPI(\mathbf{w})} \sum_{j=1}^{J} u_{ij} \cdot w_j \quad \text{(L.9)}$$

Da mit dem Max E_{min}-Prinzip eine gewisse Pessimismustendenz[251] verbunden ist, werden in der Literatur auch andere der bekannten (für den Fall der Ungewißheit konstruierten) Entscheidungskriterien, wie z.B. das Hurwicz-Prinzip, die Hodges-Lehmann- oder die Laplace-Regel, mit dem Bernoulli-Prinzip kombiniert.[252] Aufgrund der gebotenen Kürze unserer Ausführungen wollen wir hier lediglich eine einfache - auf der sog. Gleichgewichtsmethode basierenden - Variante des LPI-Laplace-Prinzips skizzieren.[253] Bei diesem Verfahren wird eine Reduktion der Eckpunktematrix zu einem Vektor angestrebt. Dies erreicht man, indem man $\mathbf{M}(LPI)$ in einem ersten Schritt mit dem $\Omega \times 1$-dimensionalen Vektor $\boldsymbol{\lambda}$, der aus den Komponenten $1/\Omega$ besteht, multipliziert. Durch die Operation

$$\mathbf{M}(LPI)_{J \times \Omega} \cdot \boldsymbol{\lambda}_{\Omega \times 1} = \mathbf{M}^{*}(LPI)_{J \times 1}; \text{ mit } \boldsymbol{\lambda}' := (1/\Omega, \ldots, 1/\Omega)_{1 \times \Omega} \quad \text{(L.10)}$$

wird somit zunächst das (ungewichtete) arithmetische Mittel der Eckpunktekoordinaten bestimmt. In einem zweiten Schritt wird der resultierende Vektor $\left(\mathbf{M}^{*}(LPI)\right)$ mit

---

[247] Vgl. Menges/Kofler (1976).

[248] Vgl. in diesem Zusammenhang die ausführliche Auseinandersetzung mit dem Max E_{min}-Prinzip bei Wollenhaupt (1982, S. 234 ff.)

[249] Vgl. Bühler (1981).

[250] Wir werden das Max E_{min}-Prinzip unten exemplarisch erläutern.

[251] Vgl. Kofler (1989, S. 46 ff.) u. Warnez (1984, S. 125). Das Ausmaß des Pessimismus hängt positiv mit dem Volumen des zu $LPI(\mathbf{w})$ gehörenden Verteilungspolyeders zusammen. Im Falle einer „entarteten" $LPI(\mathbf{w})$, die nur aus einer einzigen zulässigen Verteilung besteht, ist das Max E_{min}-Prinzip identisch mit dem Bernoulli-Prinzip.

[252] Vgl. z.B. Motsch (1995, S. 120 ff.), Warnez (1984), Whalen (1994) u. Wollenhaupt (1982).

[253] Vgl. Warnez (1984, S. 126 ff.).

der Matrix der Nutzenwerte $(\mathbf{U})$ multipliziert, so daß man den gesuchten Vektor der Nutzenerwartungswerte $(\mathbf{E})$ erhält:

$$\mathbf{E}_{I\times 1} = \mathbf{U}_{I\times J} \cdot \mathbf{M}^{*}(LPI)_{J\times 1} \qquad \text{(L.11)}$$

Welches Entscheidungskriterium in konkreten Situationen vorzuziehen ist, kann nicht objektiv geklärt werden, da die Beantwortung dieser Frage von der (subjektiven) Grundeinstellung des Entscheidungträgers zur Zukunft abhängt.

2.3.2.2.2.2. Flexible Planung bei linearer partieller Information

Da, wie bereits oben näher ausgeführt, bei strategischen Planungen das Prinzip der flexiblen Planung angewendet werden sollte, wollen wir nun untersuchen, auf welchem Wege flexible Pläne für den Fall linearer partieller Information über die künftige Umweltentwicklung generiert werden können. Zwecks Illustration der Vorgehensweise orientieren wir die folgenden Ausführungen (wiederum) an dem von Laux übernommenen, leicht abgeänderten und bereits oben dargestellten Beispiel,[254] nun allerdings unter der Annahme, daß die bedingten Wahrscheinlichkeiten für die Zustandsfolgen in Intervallform vorliegen (s. die Angaben an den Kanten des Zustandsbaumes in *Abb. 25*).

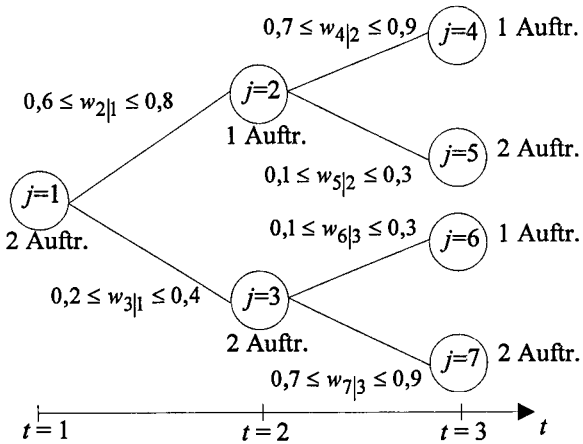


Abb. 25 Zustandsbaum bei LPI

Wir wollen auch hier die drei bereits oben eingeführten Lösungsprozeduren behandeln und somit analysieren, wie das beschriebene Entscheidungsproblem auf Basis

[254] Vgl. Abschnitt C.2.2.2., S. 78 ff.

eines Entscheidungsbaumes - entweder *(a)* mittels des Roll back-Verfahrens oder *(b)* mittels einer Entscheidungsmatrix - und *(c)* auf Basis eines Zustandsbaumes mittels eines gemischt-ganzzahligen mathematischen Programms gelöst werden kann.

Ad (a): Der LPI-Entscheidungsbaum ist *Abb. 26* zu entnehmen. Dieser Baum unterscheidet sich von dem in *Abb. 17* dargestellten lediglich dadurch, daß an den von den runden Knoten abgehenden Kanten die einschlägigen Eckpunktematrizen notiert werden.

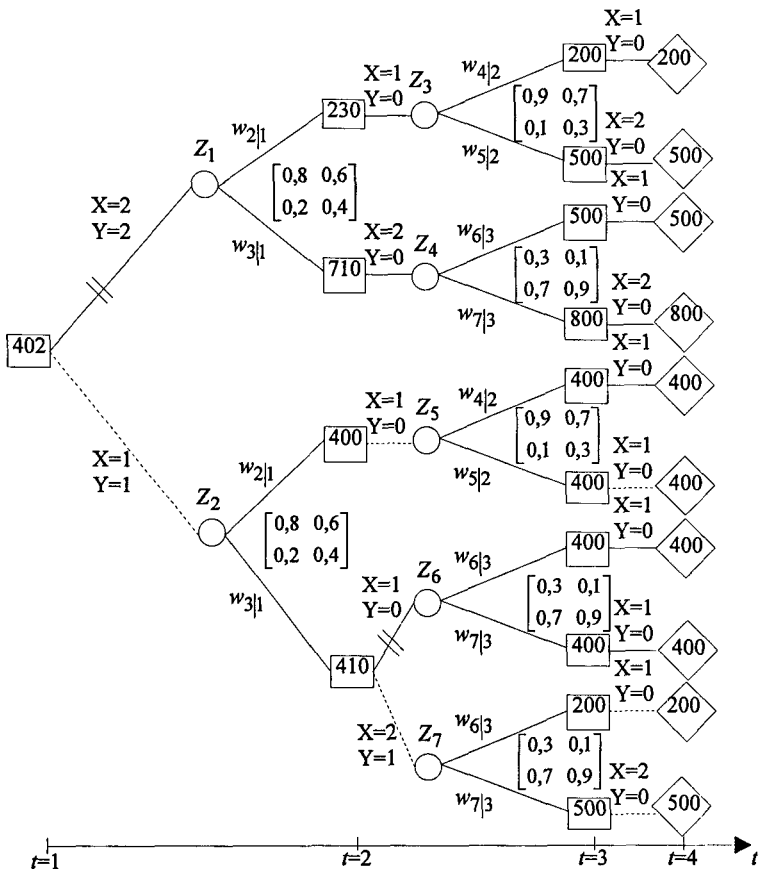


Abb. 26: Entscheidungsbaum bei LPI

Beim LPI-Roll back-Verfahren auf Basis des Max E_{min}-Prinzips bestimmt man zunächst die minimalen Erwartungswerte der Zufallsknoten (Z_l) auf der letzten Stufe

(hier: $l = 3,...,7$), dann auf der vorletzten Stufe (hier: $l = 1,2$) etc. und wählt dazwischen sowie auf der ersten Stufe die Aktionen mit den jeweils maxi-minimalen Erwartungswerten an den Entscheidungsknoten. In unserem Beispiel erhalten wir somit folgende Werte:

$$E_{\min}(Z_3) = \min\{0{,}9 \cdot 200 + 0{,}1 \cdot 500;\ 0{,}7 \cdot 200 + 0{,}3 \cdot 500\} = 230$$

$$E_{\min}(Z_4) = \min\{0{,}3 \cdot 500 + 0{,}7 \cdot 800;\ 0{,}1 \cdot 500 + 0{,}9 \cdot 800\} = 710$$

$$E_{\min}(Z_5) = \min\{0{,}9 \cdot 400 + 0{,}1 \cdot 400;\ 0{,}7 \cdot 400 + 0{,}3 \cdot 400\} = 400$$

$$E_{\min}(Z_6) = \min\{0{,}3 \cdot 400 + 0{,}7 \cdot 400;\ 0{,}1 \cdot 400 + 0{,}9 \cdot 400\} = 400$$

$$E_{\min}(Z_7) = \min\{0{,}3 \cdot 200 + 0{,}7 \cdot 500;\ 0{,}1 \cdot 200 + 0{,}9 \cdot 500\} = 410$$

$$\max\{E_{\min}(Z_6), E_{\min}(Z_7)\} = \max\{400, 410\} = 410$$

$$E_{\min}(Z_2) = \min\{0{,}8 \cdot 400 + 0{,}2 \cdot 410;\ 0{,}6 \cdot 400 + 0{,}4 \cdot 410\} = 402$$

$$E_{\min}(Z_1) = \min\{0{,}8 \cdot 230 + 0{,}2 \cdot 710;\ 0{,}6 \cdot 230 + 0{,}4 \cdot 710\} = 326$$

$$\max\{E_{\min}(Z_2), E_{\min}(Z_1)\} = \max\{402, 326\} = 402$$

Es wird also die Aktionsfolge i=3 empfohlen mit einem maxi-minimalen Erwartungswert in Höhe von 402.

Ad (b): Die Auf Basis des in *Abb. 26* dargestellten Entscheidungsbaumes konstruierte Entscheidungsmatrix besitzt folgende Gestalt:

	Wahrscheinlichkeiten			
	$0{,}42 \le w^*_{4\|2} \le 0{,}72$	$0{,}06 \le w^*_{5\|2} \le 0{,}24$	$0{,}02 \le w^*_{6\|3} \le 0{,}12$	$0{,}14 \le w^*_{7\|3} \le 0{,}36$
	Zustandsfolgen			
	1-2-4	1-2-5	1-3-6	1-3-7
i=1	200	500	500	800
i=2	400	400	400	400
i=3	400	400	200	500

Tab. 6: Entscheidungsmatrix bei LPI

Die in der Kopfzeile der Matrix angegebenen Intervallgrenzen $[\underline{w}^*_{j|j-}, \overline{w}^*_{j|j-}]$ für die Wahrscheinlichkeiten der jeweiligen Zustandsfolgen $\left(w^*_{j|j-}\right)$ ergeben sich unter Beachtung von (L.5a)-(L.5f) aus folgenden Operationen:[255]

$$\underline{w}^*_{j|j-} = \prod_{j^* \in J^*_j} \underline{w}_{j^*}\big|_{j^*-} \qquad \text{(L.12)} \quad \text{und} \quad \overline{w}^*_{j|j-} = \prod_{j^* \in J^*_j} \overline{w}_{j^*}\big|_{j^*-} \qquad \text{(L.13)}$$

Bei $4 \cdot 2^{4-1} = 32$ zu prüfenden Kombinationen ergibt sich folgende Extremalpunktematrix:

$$\mathbf{M}(LPI) = \begin{bmatrix} 0{,}72 & 0{,}72 & 0{,}72 & 0{,}42 & 0{,}42 & 0{,}42 & 0{,}42 & 0{,}6 & 0{,}46 & 0{,}5 & 0{,}68 & 0{,}56 \\ 0{,}06 & 0{,}06 & 0{,}12 & 0{,}24 & 0{,}24 & 0{,}1 & 0{,}2 & 0{,}24 & 0{,}06 & 0{,}24 & 0{,}06 & 0{,}06 \\ 0{,}02 & 0{,}08 & 0{,}02 & 0{,}12 & 0{,}02 & 0{,}12 & 0{,}02 & 0{,}02 & 0{,}12 & 0{,}12 & 0{,}12 & 0{,}02 \\ 0{,}2 & 0{,}14 & 0{,}14 & 0{,}22 & 0{,}32 & 0{,}36 & 0{,}36 & 0{,}14 & 0{,}36 & 0{,}14 & 0{,}14 & 0{,}36 \end{bmatrix}$$

Unter Beachtung (L.9) erhalten wir über Operationen des Typs

$$\mathbf{E}(i) = \mathbf{U}(i) \cdot \mathbf{M}(LPI) \quad \text{(L.14)}$$

die folgenden Erwartungswerte:

$$\mathbf{E}(1) = \mathbf{U}(1) \cdot \mathbf{M}(LPI) = (200 \;\; 500 \;\; 500 \;\; 800) \cdot \mathbf{M}(LPI) =$$

[255] Mit j- bezeichnen wir den unmittelbaren Vorgängerzustand von Umweltzustand j und mit J^*_j die Menge der zu einer Zustandsfolge gehörenden Umweltzustände.

$$= (344 \;\; 326 \;\; 326 \;\; 440 \;\; 470 \;\; 482 \;\; 482 \;\; 362 \;\; 470 \;\; 392 \;\; 338 \;\; 440)$$

$$\Rightarrow \mathbf{E}_{\min}(1) = 326$$

$$\mathbf{E}(2) = \mathbf{U}(2) \cdot \mathbf{M}(LPI) = (400 \;\; 400 \;\; 400 \;\; 400) \cdot \mathbf{M}(\mathrm{LPI}) =$$

$$= (400 \;\; \cdots \;\; 400)$$

$$\Rightarrow \mathbf{E}_{\min}(2) = 400$$

$$\mathbf{E}(3) = \mathbf{U}(3) \cdot \mathbf{M}(LPI) = (400 \;\; 400 \;\; 200 \;\; 500) \cdot \mathbf{M}(\mathrm{LPI}) =$$

$$= (416 \;\; 398 \;\; 410 \;\; 398 \;\; 428 \;\; 412 \;\; 432 \;\; 410 \;\; 412 \;\; 390 \;\; 390 \;\; 432)$$

$$\Rightarrow \mathbf{E}_{\min}(3) = 390$$

Da $\max_i \mathbf{E}_{\min}(i) = 400$ gilt, wird Aktionsfolge i=2 empfohlen. Dieses Ergebnis weicht von dem über das Roll back-Verfahren ermittelte ab. Hierauf werden wir unter *(c)* zurückkommen.

Ad (c): Zur Formulierung eines geeigneten gemischt-ganzzahligen Programms benötigen wir zusätzlich ein Symbol für den Erwartungswert des Mindest-Nettoerfolges. Wir wollen diesen mit $\underline{E}$ bezeichnen. Das gesuchte Programm lautet dann wie folgt:

Zielfunktion:

$$\underline{E} \rightarrow \max!$$

Restriktionen:

Nettoerfolgsdefinition, Obergrenzen für die Auftragsannahme, Restriktionen zur Abstimmung von Auftragsannahme und Anlagenbeschaffung, Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingungen (s. Abschnitt C.2.2.2., S. 82) sowie Obergrenzen für den Erwartungswert des Nettoerfolges:

$$\underline{E} \leq 0{,}72NE_4 + 0{,}06NE_5 + 0{,}02NE_6 + 0{,}2NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}72NE_4 + 0{,}06NE_5 + 0{,}08NE_6 + 0{,}14NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}72NE_4 + 0{,}12NE_5 + 0{,}02NE_6 + 0{,}14NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}42NE_4 + 0{,}24NE_5 + 0{,}12NE_6 + 0{,}22NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}42NE_4 + 0{,}24NE_5 + 0{,}02NE_6 + 0{,}32NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}42NE_4 + 0{,}1NE_5 + 0{,}12NE_6 + 0{,}36NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}42NE_4 + 0{,}2NE_5 + 0{,}02NE_6 + 0{,}36NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}6NE_4 + 0{,}24NE_5 + 0{,}02NE_6 + 0{,}14NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}46NE_4 + 0{,}06NE_5 + 0{,}12NE_6 + 0{,}36NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}5NE_4 + 0{,}24NE_5 + 0{,}12NE_6 + 0{,}14NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}68NE_4 + 0{,}06NE_5 + 0{,}12NE_6 + 0{,}14NE_7$$

$$\underline{E} \leq 0{,}56NE_4 + 0{,}06NE_5 + 0{,}02NE_6 + 0{,}36NE_7$$

Nichtnegativitätsbedingung für den Erwartungswert des Mindest-Nettoerfolges:

$$\underline{E} \geq 0$$

Als Ergebnis erhalten wir

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = x_6 = x_7 = y_1 = 1 \quad \text{sowie} \quad y_2 = y_3 = 0$$

und damit wiederum i=2 als optimale Aktionsfolge $(\underline{E} = 400)$. Die unter *(b)* und *(c)* skizzierten Verfahren weisen (mit i=2) eine andere Aktionsfolge als Optimum aus als das über das LPI-Roll back-Verfahren ermittelte (i=3). Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei Anwendung des Roll back-Verfahrens der Erwartungswert des Mindesterfolges über mehrere Stufen hinweg ermittelt wird und dabei jeweils die Pessimismustendenz des Max-Min-Verfahrens zum Tragen kommt.[256] Demgegenüber basieren die beiden anderen Varianten auf einstufigen Vorwärtsrechnungen, bei denen die im Zeitpunkt t = 4 realisierbaren Nettoerfolge mit – im Vergleich zum Roll back-Verfahren - anderen Wahrscheinlichkeitsintervallen gewichtet werden.[257] Da die Vorwärtsprozeduren die gesamte Informationsmenge des Entscheidungsträgers berücksichtigen und im Zuge strategischer Planungen Komplexitätsreduktion durch Informationsver*d*ichtung und nicht etwa durch „Informationsver*n*ichtung" erforderlich ist,[258] halten wir es für plausibel, diese (unter LPI-Bedingungen) gegenüber Rückwärtsrechnungen zu präferieren.

---

[256] Ähnliche Phänomene können bei Rückwärtsrechnungen in der Fuzzy-Netzplantechnik auftreten [vgl. Rommelfanger/Schüpke (1993, S. 303 ff.)].

[257] Während bei den unter *(b)* und *(c)* skizzierten Verfahren die Nettoerfolge jeweils mit der Matrix

$$\mathbf{M}(LPI) = \begin{bmatrix} 0{,}72 & 0{,}72 & 0{,}72 & 0{,}42 & 0{,}42 & 0{,}42 & 0{,}42 & 0{,}6 & 0{,}46 & 0{,}5 & 0{,}68 & 0{,}56 \\ 0{,}06 & 0{,}06 & 0{,}12 & 0{,}24 & 0{,}24 & 0{,}1 & 0{,}2 & 0{,}24 & 0{,}06 & 0{,}24 & 0{,}06 & 0{,}06 \\ 0{,}02 & 0{,}08 & 0{,}02 & 0{,}12 & 0{,}02 & 0{,}12 & 0{,}02 & 0{,}02 & 0{,}12 & 0{,}12 & 0{,}12 & 0{,}02 \\ 0{,}2 & 0{,}14 & 0{,}14 & 0{,}22 & 0{,}32 & 0{,}36 & 0{,}36 & 0{,}14 & 0{,}36 & 0{,}14 & 0{,}14 & 0{,}36 \end{bmatrix}$$

gewichtet werden, verwenden wir beim LPI-Roll-back-Verfahren zunächst die Extremalpunktematrizen $\begin{bmatrix} 0{,}9 & 0{,}7 \\ 0{,}1 & 0{,}3 \end{bmatrix}$ sowie $\begin{bmatrix} 0{,}3 & 0{,}1 \\ 0{,}7 & 0{,}9 \end{bmatrix}$ und dann auf der zweiten Stufe die Matrix $\begin{bmatrix} 0{,}8 & 0{,}6 \\ 0{,}2 & 0{,}4 \end{bmatrix}$.

[258] Vgl. Abschnitt C.2.1. (S. 73 ff.) der vorliegenden Arbeit.

2.3.2.3. Basiselemente und Anwendungen der Dempster-Shafer-Theorie

2.3.2.3.1. Terminologische und systematische Grundlagen

Während wir im vorangehenden Abschnitt mit der LPI-Theorie Möglichkeiten der Verarbeitung von Wahrscheinlichkeitsintervallen thematisiert haben, möchten wir nun darauf eingehen, wie man die jeweiligen Intervallgrenzen unter Rückgriff auf plausible Annahmen logisch korrekt bestimmen kann. Dazu rekurrieren wir auf die von Dempster[259] initiierte und vor allem von Shafer[260] weiterentwickelte Evidenz-Theorie, die auch als Theorie der Hinweise, Theorie des plausiblen Schließens oder nach ihren Begründern als Dempster-Shafer-Theorie bezeichnet wird.[261]

Shafer[262] belegt, daß sich die Wahrscheinlichkeitstheorie bereits früh mit Phänomenen beschäftigt hat, bei denen auf der Basis nicht-additiver Wahrscheinlichkeiten plausible Schlußfolgerungen gezogen werden können.[263] Vor allem Jakob Bernoullis Werk „Ars Conjectandi" hat Shafers Arbeiten geprägt. Bernoulli[264] gelangt über drei dichotom erfaßte Differenzierungskriterien zu insgesamt 5 Arten von „Beweisgründen" (Indikatoren): Die ersten drei Beweisgründe unterscheidet er nach dem Sicherheitsgrad des Auftretens eines Indikators sowie der Stärke (Güte bzw. Gewißheit) der resultierenden Indikation *(a)*, die beiden anderen differenziert er danach, ob eine Aussage über das Komplement eines Sachverhaltes möglich bzw. nicht möglich ist *(b)*.[265]

Ad (a): Differenziert man diese beiden Merkmale jeweils dichotom, dann kann ein Indikator mit Sicherheit vorliegen oder zufällig auftreten ebenso wie die Indikation entweder sicher oder zufällig sein kann *(s. Abb. 27)*.

---

[259] Vgl. Dempster (1967).

[260] Vgl. u.a. Shafer (1976, 1981 u. 1990).

[261] Vgl. zur Dempster-Shafer-Theorie z.B. Dubois/Prade (1984), Höhle (1984), Jaffray (1988), Kohlas (1989), Ott (1996, S. 68 ff.), Pearl (1988, S. 416 ff.), Pearl (1990), Rommelfanger (1994, S. 56 f.), Spies (1993, S. 167 ff.), Wang/Klir (1992, S. 54 ff. u. 176 ff.) sowie Yager et al. (1994).

[262] Vgl. Shafer (1978).

[263] Zu nennen sind hier vor allem die Werke von George Hooper (1689), Jakob Bernoulli (1713) sowie von Johann-Heinrich Lambert (1764), deren Überlegungen lange Zeit in Vergessenheit geraten waren und erst in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts wieder aufgegriffen wurden [vgl. Shafer (1990, S. 324)].

[264] Vgl. Bernoulli (1713, S. 80 ff.).

[265] Ohne näher darauf einzugehen, verweisen in diesem Zusammenhang auf die in der Agency-Theorie thematisierten Informationsasymmetrien hidden characteristics, hidden action und hidden intention [vgl. z.B. Alewell (1993) sowie Spremann (1990)].

		Sicherheit der Indikation	
		sicher	nicht sicher
Auftreten des Indikators	sicher		(1)
	nicht sicher	(2)	(3)

Abb. 27: Indikatoren

Es gibt also Beweisgründe, die *(1)* sicher vorliegen und einen Zustand nicht sicher indizieren, *(2)* solche, die nicht mit Sicherheit vorliegen, aber mit Sicherheit auf einen Zustand schließen lassen und *(3)* solche, die ebenfalls nicht mit Sicherheit vorliegen und einen Zustand auch nicht sicher indizieren.[266] Zur Erläuterung dieser Differenzierung betrachten wir das Beispiel eines Außendienstmitarbeiters, der im vergangenen Monat das vorgesehene Umsatzziel nicht erreicht hat und dessen Vorgesetzter dafür die drei folgenden Ursachen erwägt: *(1)* Der Mitarbeiter hat 5 Tage (krankheitsbedingt) gefehlt, *(2)* er ist unzureichend qualifiziert oder *(3)* er war mit anderen Aufgaben überlastet.

Ad (1): Es ist zwar mit Sicherheit feststellbar, ob der Mitarbeiter tatsächlich 5 Tage absent war, daraus kann aber nicht mit völliger Gewißheit gefolgert werden, daß er deswegen das Umsatzziel nicht erreichen konnte, denn es bestünde die Möglichkeit, die verlorene Zeit (z.B. durch Überstunden etc.) zu kompensieren.

Ad (2): Wenn der Mitarbeiter tatsächlich unzureichend qualifiziert ist – jedoch kann dies nicht mit Sicherheit festgestellt werden – dann kann er auch das Umsatzziel nicht erreicht haben.

Ad (3): Die Frage, ob der Mitarbeiter tatsächlich so stark in andere Aufgaben eingebunden war, daß er das vorgegebene Ziel nicht erreichen konnte, ist ebensowenig mit Sicherheit zu beantworten wie die Frage, ob es nicht entsprechende Kompensationsmöglichkeiten für die Überlastung gab.

Ad (b): Die anderen beiden Arten von Indikatoren beziehen sich auf die Vielfalt möglicher Schlüsse, die aus einem Indikator abgeleitet werden können. Es gibt (sog. gemischte) Indikatoren, die Aussagen über den Zustand und gleichzeitig auch über dessen Komplement zulassen und es gibt (sog. reine) Indikatoren, aus denen Aussagen über den Zustand nicht aber über dessen Komplement abgeleitet werden können *(s. Abb. 28)*.

[266] Der vierte denkbare Fall, des sicheren Vorliegens eines Indikators und vollkommener Indikation ist hier nicht von Interesse.

Aussage über das Komplement eines Sachverhalts	
möglich	nicht möglich
gemischte Beweisgründe	reine Beweisgründe

Abb. 28: Indikatoren

Zur Erläuterung greifen wir auf das obige Beispiel zurück und fragen uns, ob der Außendienstmitarbeiter das Umsatzziel schuldhaft oder nicht schuldhaft verfehlt hat. Sofern er argumentiert, daß er zwar entsprechende Verträge abgeschlossen, die Produktionsabteilung die Waren jedoch nicht rechtzeitig ausgeliefert habe, liegt ein gemischter Beweisgrund vor, denn wenn seine Behauptung zutrifft, ist er exculpiert. Argumentiert er jedoch, daß die Verkaufspreise des Unternehmens zu hoch angesetzt seien, dann liegt ein reiner Beweisgrund vor, denn wenn die Preise tatsächlich zu hoch sind, kann er das Umsatzziel auch nicht erreichen, wenn sie aber nicht zu hoch sind, muß er es nicht notwendigerweise erreichen.

Die unter *(b)* genannte Differenzierung von Indikatoren ist für Shafers Arbeiten von zentraler Bedeutung, denn das Beispiel reiner Beweisgründe zeigt, daß ein niedriger Sicherheitsgrad für einen Zustand nicht notwendigerweise einen hohen Sicherheitsgrad für dessen Komplement impliziert.[267] Shafers Ansatz basiert mit der sog. Basiswahrscheinlichkeits-, der Glaubwürdigkeits- und der Plausibilitätsfunktion auf drei zentralen Bausteinen *(s. Abb. 29)*.

[267] Vgl Shafer (1978, S. 332). Spies (1993, S. 173) spricht davon, „[...] daß eine Aussage nicht zu ihrer Negation komplementär plausibel sein muß". Auf eine Diskussion über die Angemessenheit des Plausibilitätsbegriffes sei hier verzichtet.

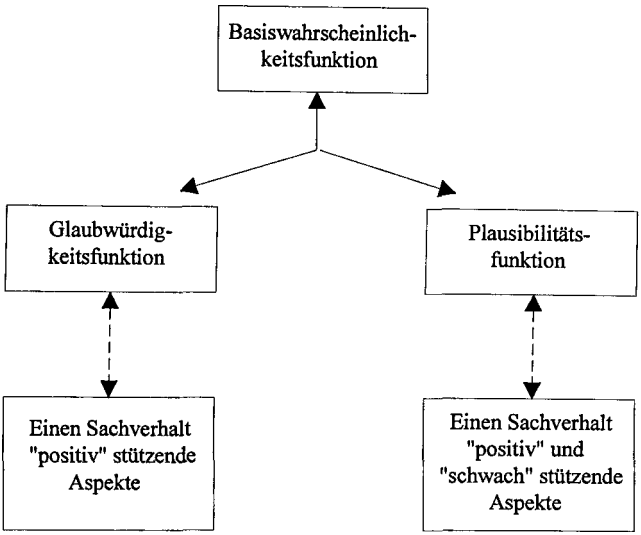


Abb. 29: Bausteine des Shaferschen Ansatzes

Er leitet aus Bernoullis sowie aus Dempsters Überlegungen - mit den sog. Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsfunktionen - zwei bezüglich ihrer Indikationskraft unterschiedliche Maße her, die sich (wie wir noch sehen werden) als untere und obere Wahrscheinlichkeiten interpretieren lassen.[268] Während Glaubwürdigkeitsfunktionen (belief functions) diejenigen Aspekte erfassen, die *für* einen Verdacht sprechen, werden über Plausibilitätsfunktionen (plausibility functions) solche Aspekte in Ansatz gebracht, die *nicht gegen* einen Verdacht sprechen. Zentraler Gegenstand der Evidenztheorie ist somit die Qualifizierung von – für und/oder gegen eine Hypothese sprechenden – Argumenten in Form von Wahrscheinlichkeitsurteilen. Sie kann, wie wir im folgenden zeigen werden, als sinnvolle Vorstufe zur Ermittlung von Intervallwahrscheinlichkeiten aufgefaßt werden, die z.B. durch Anwendung der im vorangehenden Abschnitt thematisierten LPI-Theorie zu verarbeiten sind.

Daß zwischen dem positiven Verdacht, der über Glaubwürdigkeitgrade (degrees of belief) und dem möglichen Verdacht, der über Plausibilitätsgrade (degrees of plausibility) zum Ausdruck gebracht wird, ein bedeutsamer Unterschied besteht, wird in der Literatur zur Dempster-Shafer-Theorie häufig anhand konstruierter Kriminalfälle anschaulich dargestellt. Dabei wird gezeigt, daß „ein Indiz und ein Alibi [...] beide in

[268] Vgl. Shafer (1976, S. 43).

gewissem Maß zu plausiblen Schuld- bzw. Unschuldsvermutungen führen" können,[269] denn aus einem Indiz A mag man zu einem gewissen Grade eine berechtigte Schuldvermutung ableiten, ohne daß dieses Indiz irgendeinen Hinweis für die Unschuld eines Verdächtigen verspricht. Der degree of belief dieses Hinweises $[Bel(A)]$ für die Schuld des Verdächtigen ist in einem solchen Fall positiv, der degree of belief für dessen Unschuld $[Bel(A^C)]$[270] beträgt jedoch 0.[271] Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade konstituieren somit Intervalle, die auch als Plausibilitäts-, Verdachts- oder Unterstützungsintervalle bezeichnet werden und „[...] den Unterschied zwischen unmittelbar *be*lastenden und den nicht unmittelbar *ent*lastenden Verdachtsmomenten [...]" repräsentieren.[272]

Nach diesen einführenden Bemerkungen wollen wir die elementaren Begriffe der Dempster-Shafer-Theorie (Basiswahrscheinlichkeits- Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsfunktion) formal präzisieren:[273]

Def. 6: Eine Funktion $\mu: \mathfrak{P}(\Theta) \rightarrow [0,1]$ heißt Basiswahrscheinlichkeitsfunktion der endlichen Menge Θ[274], wenn ein Mengensystem $\{\mathfrak{a}_1,...,\mathfrak{a}_n | \mu(\mathfrak{a}_i > 0)\} \subseteq \mathfrak{P}(\Theta)$ existiert, so daß

$$\mu(\varnothing) = 0 \qquad \text{(DS.1) und}$$

$$\sum_{\mathfrak{a}_i \subseteq \Theta} \mu(\mathfrak{a}_i) = 1 \qquad \text{(DS.2)}$$

Die Mengen $\mathfrak{a}_i$ werden auch als Brennpunkte, fokale Elemente oder Fokalmengen bezeichnet.[275] Über das Eintreten dieser (nicht notwendigerweise disjunkten)[276] Mengen kann sich der Entscheidungsträger ein „traditionelles" (additives) – und in diesem

---

[269] Spies (1993, S. 173). Als Indiz wird hier ein für die Schuld und als Alibi ein für die Unschuld des Verdächtigen sprechender Indikator bezeichnet.

[270] A^C bezeichnet das Komplement von A.

[271] In einem auf der Basis „traditioneller" Wahrscheinlichkeiten konstruierten Modell wäre nicht nur die Schuldwahrscheinlichkeit positiv (z.B. w_S; mit $0<w_S<1$), sondern auch (die Gegenwahrscheinlichkeit, also) die Wahrscheinlichkeit für die Unschuld des Verdächtigen ($1-w_S$).

[272] Spies (1993, S. 181 f.).

[273] Vgl. z.B. Wang/Klir (1992, S. 54 ff.).

[274] Sog. frame of discernment [vgl. Shafer (1981, S. 4)]. Θ symbolisiert eine sog. *zufällige Menge*, und somit eine mengenwertige Zufallsvariable, die dadurch charakterisiert ist, daß sie „[...] den Ereignissen eines Zufallsexperiments [...] eine Menge von Ergebnissen [...]" zuordnet [Spies (1993, S. 174)]. Zur (formalen) Definition zufälliger Mengen vgl. z.B. Kruse/Gebhardt/Klawonn (1993, S. 44 f. u. S. 45). Zu Bedeutung und Eigenschaften von Θ vgl. Shafer (1976, S. 35 ff.).

[275] Bandemer/Gottwald (1993, S. 156) sprechen von „Herdmengen".

[276] Vgl. Bandemer/Gottwald (1993, S. 157).

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik

Sinne exaktes - Wahrscheinlichkeitsurteil $[\mu(\mathfrak{a}_i)]$[277] bilden, wobei als Fokalmengen nur Teilmengen des Universums Θ mit positiver Eintrittswahrscheinlichkeit in Betracht kommen.

Def. 7: Mit μ als Basiswahrscheinlichkeitsfunktion heißt eine Funktion $Bel: \mathfrak{P}(\Theta) \rightarrow [0,1]$ Glaubwürdigkeitsfunktion, wenn gilt

$$Bel(A) = \sum_{\mathfrak{a}_i \subseteq A} \mu(\mathfrak{a}_i) \quad \forall A \in \mathfrak{P}(\Theta) \qquad \text{(DS.3)}$$

Zu $Bel(A)$, das den Glaubwürdigkeits- bzw. Glaubens- oder Gewißheitsgrad bezüglich A repräsentiert, tragen somit nur solche $\mathfrak{a}_i$ bei, die Teilmengen von A darstellen. Damit werden (lediglich) diejenigen Aspekte erfaßt, die den Sachverhalt A „positiv" stützen.

Def. 8: Mit μ als Basiswahrscheinlichkeitsfunktion heißt eine Funktion $Pl: \mathfrak{P}(\Theta) \rightarrow [0,1]$ Plausibilitätsfunktion, wenn gilt

$$Pl(A) = \sum_{\mathfrak{a}_i \cap A \neq \emptyset} \mu(\mathfrak{a}_i) \quad \forall A \in \mathfrak{P}(\Theta) \qquad \text{(DS.4)}$$

Zu $Pl(A)$ tragen somit alle $\mathfrak{a}_i$ bei, die einen nicht-leeren Durchschnitt mit A aufweisen. Damit werden nicht nur diejenigen Aspekte erfaßt, die den Sachverhalt A „positiv" stützen, sondern zusätzlich auch diejenigen, die ihn insofern „schwach" stützen, als sie nicht gegen ihn sprechen. $Pl(A)$ bezeichnet den Plausibilitätsgrad bezüglich A und damit denjenigen Grad, zu dem das Eintreten von A bestenfalls möglich ist.

Es ist nun leicht einzusehen, daß sich aus diesen Definitionen folgende Beziehungen ableiten lassen:[278]

$$Bel(A) \leq Pl(A) \qquad \text{(DS.5)}$$

$$Bel(A) = 1 - Pl\left(A^C\right) \qquad \text{(DS.6)}$$

$$Pl(A) = 1 - Bel\left(A^C\right) \qquad \text{(DS.7)}$$

Interpretieren wir A als Aussage über den Eintritt eines Sachverhaltes bzw. Zustandes, dann bedeuten diese drei Beziehungen, daß der Glaubwürdigkeitsgrad einer Aussage, der sich über den Plausibilitätsgrad der Gegenaussage ermitteln läßt (DS.6), nicht größer als ihr Plausibilitätsgrad sein kann (DS.5) und daß sich dieser aus allen Hinweisen ergibt, die nicht zur Gegenaussage führen (DS.7).

---

[277] Die Wahrscheinlichkeiten $\mu(\mathfrak{a}_i)$ werden auch als Massezahlen bezeichnet [vgl. z.B. Spies (1993, S. 175)].

[278] Vgl. z.B. Shafer (1976, S. 43).

Zur Erläuterung der bisherigen Ausführungen betrachten wir das Beispiel einer Unternehmung, die ein neues Produkt in ihr Programm aufzunehmen erwägt. Die Entscheidung hängt maßgeblich von der für die nächsten 5 Jahre zu erwartenden Nachfrage ab. Zwecks Einschätzung der Nachfrageentwicklung wird ein aus 20 Personen bestehendes Expertengremium eingerichtet, das nach eingehenden Marktanalysen zu folgendem Ergebnis gelangt: 4 Experten rechnen für die nächsten 5 Jahre mit einer durchschnittlichen Nachfrage von 50 bis 70 Einheiten, 10 Experten erwarten eine Nachfrage von 60 bis 80 und 6 Gremiumsmitglieder rechnen mit einer durchschnittlichen Nachfrage von über 70 bis 90 Einheiten. In der Notation der Dempster-Shafer-Theorie bedeutet dies:

Die Fokalmengen lauten $\mathfrak{a}_1 = \{[50,70]\}$, $\mathfrak{a}_2 = \{[60,80]\}$ und $\mathfrak{a}_3 = \{(70,90]\}$ mit den (in der Form relativer Häufigkeiten vorliegenden) Basiswahrscheinlichkeiten $\mu(\mathfrak{a}_1) = 0{,}2$, $\mu(\mathfrak{a}_2) = 0{,}5$ und $\mu(\mathfrak{a}_3) = 0{,}3$. Auf der Basis dieser Expertenbefragung berechnet die Unternehmensleitung die Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade für eine eher geringe *(A)* und die entsprechenden Grade für eine eher hohe *(B)* Nachfrage. Mit $A = \{[50,70]\}$ und $B = \{(70,90]\}$ ergibt sich:[279]

$$Bel(A) = \sum_{\mathfrak{a}_i \subseteq A} \mu(\mathfrak{a}_i) = \mu(\mathfrak{a}_1) = 0{,}2 \text{ und } Bel(B) = \sum_{\mathfrak{a}_i \subseteq B} \mu(\mathfrak{a}_i) = \mu(\mathfrak{a}_3) = 0{,}3 \text{ sowie}$$

$$Pl(A) = \sum_{\mathfrak{a}_i \cap A \neq \varnothing} \mu(\mathfrak{a}_i) = \mu(\mathfrak{a}_1) + \mu(\mathfrak{a}_2) = 0{,}7 \text{ und}$$

$$Pl(B) = \sum_{\mathfrak{a}_i \cap B \neq \varnothing} \mu(\mathfrak{a}_i) = \mu(\mathfrak{a}_2) + \mu(\mathfrak{a}_3) = 0{,}8$$

Des weiteren gilt selbstverständlich:

$$Bel(A \cup B) = Bel(\Theta) = Pl(A \cup B) = Pl(\Theta) = 1$$

$Bel(A) = 0{,}2$ bedeutet, daß 20 % der Experten die künftige Nachfrage exakt im Intervall [50,70] „ansiedeln" und die Unternehmensleitung den Glaubwürdigkeitsgrad dieser Prognose des Expertengremiums deshalb mit 0,2 veranschlagt. Da jedoch weitere 50 % (bzw. 30 %) der Experten die Prognose A teilweise stützen (bzw. überhaupt nicht stützen), gilt $Pl(A) = 0{,}7$. Die Zusammenhänge der Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade werden - unter Rückgriff auf (DS.6) und (DS.7) – zusammenfassend in *Abb. 30* dargestellt:

---

[279] Für den Fall, daß $\mathfrak{a}_3$ durch ein beidseitig abgeschlossenes Intervall $\mathfrak{a}_3 = \{[70,90]\}$ charakterisiert wird ergeben sich c.p. die folgenden Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade: $Bel(A) = 0{,}2$ und $Bel(B) = 0$ sowie $Pl(A) = 1$ und $Pl(B) = 0{,}8$. $Bel(B) = 0$ ist nicht derart zu interpretieren, daß man sich des Nicht-Eintretens von B sicher wäre, sondern derart, daß kein Grund zur Annahme des Eintritts von B vorliegt.

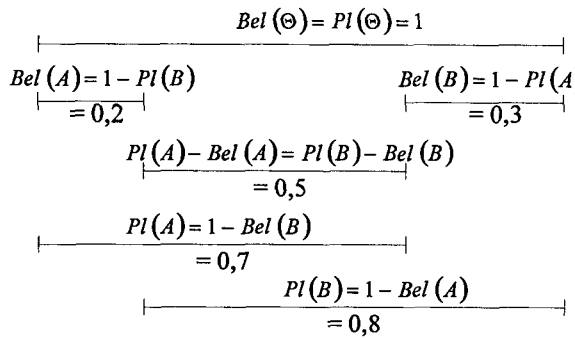


Abb. 30: Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade

2.3.2.3.2. Die Kombination von Evidenzquellen

In vielen realen Problemstellungen werden wir mit Indikatoren konfrontiert, die unterschiedliche, sich teilweise widersprechende Schlußfolgerungen auf einen Sachverhalt (z.B. einen künftigen Umweltzustand) implizieren. In solchen Fällen besteht die Notwendigkeit, diverse Evidenzquellen so zu kombinieren, daß ein sinnvolles Gesamturteil abgegeben werden kann. Auf dieses Anwendungsgebiet der Dempster-Shafer-Theorie wollen wir im vorliegenden Abschnitt kurz eingehen. Grundlage der Kombination von Hinweisen stellt die sog. Dempstersche Regel dar, die von unabhängigen Evidenzquellen ausgeht und wie folgt lautet:[280]

$$\mu_{12}(A) = \frac{\sum_{\mathfrak{a}_i \cap \mathfrak{a}_j = A} \mu_1(\mathfrak{a}_i) \cdot \mu_2(\mathfrak{a}_j)}{1 - \sum_{\mathfrak{a}_i \cap \mathfrak{a}_j = \varnothing} \mu_1(\mathfrak{a}_i) \cdot \mu_2(\mathfrak{a}_j)} \qquad \text{(DS.8)}$$

Das Symbol $\mu_{12}(A)$ steht für die aus den Indikatoren 1 und 2 gewonnene Massezahl des Ereignisses A, während $\mu_1(\mathfrak{a}_i)$ und $\mu_2(\mathfrak{a}_j)$ die Basiswahrscheinlichkeiten für die Fokalmengen $\mathfrak{a}_i$ und $\mathfrak{a}_j$ bzgl. des ersten und des zweiten Indikators symbolisieren. Wir wollen (DS.8) anhand eines einfachen Beispiels erläutern: Die Leitung eines Unternehmens habe zwecks Prognose der Marktentwicklungschancen in einem Segment des Investitionsgütermarktes zwei renommierte Marktforschungsinstitute beauftragt. Beide Institute kommen zu teils abweichenden und zu teils übereinstimmenden Marktanalysen und zwar insofern als beide Institute jeweils ein engeres und

[280] Zur Diskussion der Dempsterschen Regel vgl. Spies (1993, S. 185 ff.) und die dort angegebene Literatur.

ein weiteres Intervall der potentiellen Nachfragemengen in betracht ziehen. Institut 1 hält zum einen ein Nachfrageintervall $A=[50,70]$ und zum anderen ein Intervall $C=[50,100]$ für möglich, während Institut 2 neben Intervall C auch ein Intervall $B=[80,100]$ für möglich hält. Bei allen bisherigen Marktanalysen des ersten (bzw. zweiten) Instituts stellte sich im nachhinein in 30 % (bzw. 60 %) der Fälle das engere und in 70 % (bzw. 40 %) der Fälle das weitere Intervall als das wahre heraus. Mit diesen Angaben gelten für die resultierenden Durchschnitte und deren Massezahlen die folgenden Ausprägungen *(s. Tab. 7)*:

	$\mu_2(B)=0,6$	$\mu_2(C)=0,4$
$\mu_1(A)=0,3$	$A\cap B=\varnothing$ $[0,3\cdot 0,6=0,18]$	$A\cap C=A$ $[0,3\cdot 0,4=0,12]$
$\mu_1(C)=0,7$	$B\cap C=B$ $[0,7\cdot 0,6=0,42]$	$C\cap C=C$ $[0,7\cdot 0,4=0,28]$

Tab. 7: Massezahlen

Nach Maßgabe der Dempsterschen Regel muß die Masse des leeren Durchschnitts (hier: $A\cap B$) auf die anderen Durchschnitte „[...] ‚umgelagert' werden, so daß sich die resultierenden Massezahlen auf den übrigen Mengen zu 1 addieren.[281] Dies bedeutet, daß man die jeweiligen (nicht-leeren) Durchschnittsmengen durch $1-\sum_{\mathfrak{a}_i\cap\mathfrak{a}_j=\varnothing}\mu_1(\mathfrak{a}_i)\cdot\mu_2(\mathfrak{a}_j)$ (hier: $1-0,3\cdot 0,6=0,82$) dividiert.

Für die Bestimmung der Massezahlen der Intervalle A, B und C gilt somit laut (DS.8):

$$\mu_{12}(A)=\frac{\mu_1(A)\cdot\mu_2(C)}{1-\mu_1(A)\cdot\mu_2(B)}=\frac{0,12}{0,82}\approx 0,15$$

$$\mu_{12}(B)=\frac{\mu_1(C)\cdot\mu_2(B)}{1-\mu_1(A)\cdot\mu_2(B)}=\frac{0,42}{0,82}\approx 0,51$$

$$\mu_{12}(C)=\frac{\mu_1(C)\cdot\mu_2(C)}{1-\mu_1(A)\cdot\mu_2(B)}=\frac{0,28}{0,82}\approx 0,34$$

Mit diesen Massezahlen lassen sich unter Verwendung von (DS.3) und (DS.4) wiederum Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade für diverse Nachfrageintervalle bestimmen, wie z.B. für $A=[50,70]$ und $D=(70,100]$:[282]

$Bel(A)=\mu_{12}(A)=0,15$ und $Bel(D)=\mu_{12}(B)=0,51$ sowie

$Pl(A)=\mu_{12}(A)+\mu_{12}(C)=0,49$ und $Pl(D)=\mu_{12}(B)+\mu_{12}(C)=0,85$.

[281] Spies (1993, S. 186).
[282] S. a. Abb. 31.

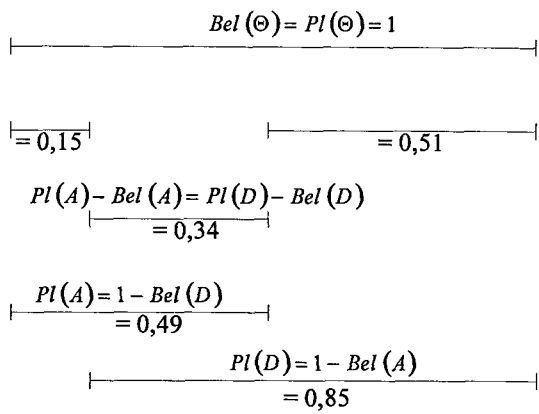


Abb. 31: Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsgrade

2.3.2.3.3. Entscheidungen auf der Basis von Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsfunktionen

Anwendungsbeispiele für Entscheidungen auf der Basis von Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsfunktionen sind in der Literatur relativ spärlich gesät. Von Strat[283] stammt ein einfaches Beispiel einer hypothetischen Glücksspielsituation. Er betrachtet das Problem eines Entscheidungsträgers, der überlegt, ob er für einen Einsatz von 6 GE an einem Glücksrad drehen soll, das wie folgt in zehn gleich große Felder aufgeteilt ist: Bei vier Feldern gewinnt man eine GE, bei zwei Feldern 5 GE, bei weiteren zwei Feldern 10 GE und bei einem Feld gewinnt man 20 GE. Das zehnte Feld ist verdeckt und es ist lediglich bekannt, daß hier 1 GE, 5 GE, 10 GE oder 20 GE gewonnen werden können. Unter Berücksichtigung von (DS.1) – (DS.4) können wir für dieses Beispiel folgendes festhalten. Es gilt:

$\Theta = \{1,5,10,20\}$ mit den Basiswahrscheinlichkeiten

$\mu(\{1\}) = 0,4$; $\mu(\{5\}) = 0,2$; $\mu(\{10\}) = 0,2$; $\mu(\{20\}) = 0,1$; $\mu(\{1;5;10;20\}) = 0,1$

Die Plausibilitätsintervalle lauten:

$[Bel(\{1\}); Pl(\{1\})] = [0,4;0,5]$, $[Bel(\{5\}); Pl(\{5\})] = [0,2;0,3]$,

$[Bel(\{10\}); Pl(\{10\})] = [0,2;0,3]$, $[Bel(\{20\}); Pl(\{20\})] = [0,1;0,2]$

Strat berechnet auf der Basis der ermittelten Basiswahrscheinlichkeiten, die hier mit den Glaubwürdigkeitsgraden identisch sind, ein Erwartungswertintervall des Glücks-

[283] Vgl. Strat (1992).

rades $E(x)=[E_*(x),E^*(x)]$. Die Intervallgrenzen bestimmt er nach Maßgabe folgender Vorschriften:

$$E_*(x)=\sum_{\mathfrak{a}_i\subseteq\Theta}\inf(\mathfrak{a}_i)\cdot\mu(\mathfrak{a}_i) \qquad \text{(DS.9) sowie}$$

$$E^*(x)=\sum_{\mathfrak{a}_i\subseteq\Theta}\sup(\mathfrak{a}_i)\cdot\mu(\mathfrak{a}_i) \qquad \text{(DS.10)}$$

wobei $\sup(\mathfrak{a}_i)$ bzw. $\inf(\mathfrak{a}_i)$ das größte bzw. kleinste Element der Fokalmenge $\mathfrak{a}_i\subseteq\Theta$ bezeichnet. Für das Erwartungswertintervall erhalten wir im Beispiel

$$E(x)=[1\cdot 0{,}4+5\cdot 0{,}2+10\cdot 0{,}2+20\cdot 0{,}1+1\cdot 0{,}1;$$
$$1\cdot 0{,}4+5\cdot 0{,}2+10\cdot 0{,}2+20\cdot 0{,}1+20\cdot 0{,}1]=[5{,}5;7{,}4]$$

Um zu einer eindeutigen Entscheidung gelangen zu können, schlägt Strat die Verwendung eines Parameters ρ vor, wobei ρ die Wahrscheinlichkeit (im Urteil des Entscheidungsträgers) dafür ist, daß sich die Natur im Sinne des Entscheiders verhält. In unserem Beispiel verbirgt sich somit hinter dem verdeckten Feld mit der Wahrscheinlichkeit ρ ein Ertrag in Höhe von 20 GE und mit der Wahrscheinlichkeit 1-ρ ein Ertrag von 1 GE. Für den resultierenden Erwartungswert $(E'(x))$ gilt somit

$$E'(x)=E_*(x)+\rho\cdot[E^*(x)-E_*(x)]^{284} \qquad \text{(DS.11)}$$
$$=5{,}5+\rho\cdot 1{,}9$$

Bei einem Einsatz von 6 GE ist eine Spielbeteiligung für den Entscheidungsträger sinnvoll, sofern $\rho\geq\frac{6-5{,}5}{1{,}9}=0{,}2632$ gilt.

Strat berechnet die Erwartungswertintervalle ausschließlich auf der Basis der Glaubwürdigkeitsgrade, obwohl die Plausibilitätsgarde ebenfalls zur Verfügung stehen. Dieses Vorgehen stellt u.E. eine recht eingeschränkte Anwendung der Dempster-Shafer-Theorie dar.

Wir wollen deshalb dafür plädieren, die Mächtigkeit der Evidenztheorie stärker zu nutzen, indem wir die Grenzen der Plausibilitätsintervalle als untere und obere Wahrscheinlichkeiten interpretieren. Daß diese Interpretation zulässig ist, zeigt die folgende Definition 9:[285]

---

[284] Für ρ=0 (bzw. ρ=1) erhalten wir somit die untere (bzw. obere) Intervallgrenze für $E'(x)$.

[285] Vgl. Dubois/Prade (1988, S. 56), Good (1962), Ott (1996, S. 66), Suppes/Zanotti (1989), Wang/Klir (1992, S.54 ff.) sowie Whalen (1994). Vgl. ferner Chateauneuf/Jaffray (1989) und Wolfenson/Fine (1982).

Def. 9: Eine Funktion $Prob_* : \mathfrak{F} \rightarrow [0,1]$ heißt untere Wahrscheinlichkeit (und eine Funktion $Prob^* : \mathfrak{F} \rightarrow [0,1]$ heißt obere Wahrscheinlichkeit) auf einer Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

(W*.1) $Prob_*(\varnothing) = Prob^*(\varnothing) = 0$

(W*.2) $Prob_*(\Theta) = Prob^*(\Theta) = 1$

(W*.3) $A,B \in \mathfrak{F} \wedge A \cap B = \varnothing \Rightarrow Prob_*(A) + Prob_*(B) \leq Prob_*(A \cup B) \leq$
$\leq Prob_*(A) + Prob^*(B) \leq Prob^*(A \cup B) \leq Prob^*(A) + Prob^*(B)$[286]

(W*.4) $A \in \mathfrak{F} \Rightarrow Prob^*(A) = 1 - Prob_*(A^C)$

Sofern in konkreten Entscheidungssituationen der Entscheidungsträger dazu in der Lage ist, Brennpunktwahrscheinlichkeiten für die Fokalmengen anzugeben, kann er die Evidenztheorie zur Gewinnung von Intervallwahrscheinlichkeiten verwenden und anschließend – wie im vorangehenden Kapitel gezeigt - eine Entscheidung unter LPI-Bedingungen treffen.

2.3.2.4. Basiselemente und Anwendungen der Possibilitäts-Theorie

2.3.2.4.1. Terminologische und systematische Grundlagen

Die von L. A. Zadeh begründete Possibilitätstheorie bietet weitere Möglichkeiten des Umgangs mit Unsicherheitsphänomenen.[287] Während Wahrscheinlichkeiten, seien es additive (d.h. Kolmogoroffsche) oder nicht-additive, Vorstellungen des Entscheidungsträgers zum Ausdruck bringen, zu welchem Grade ein künftiger Zustand der Welt der *wahre* zu sein *scheint*, sind Possibilitätswerte Urteile des Entscheidungsträgers darüber, ob und zu welchem Grade er den Eintritt eines Umweltzustandes für *möglich* hält. Die in unserer Alltagssprache zwischen der Wahrscheinlichkeit und der Möglichkeit des Eintretens von Ereignissen enthaltene semantische Unterscheidung[288] wird – wie wir noch sehen werden – auch in der formalsprachlich formulierten Possi-

[286] I.V.m. Def. 5(b) bzw. Def. 5(c) zeigt sich, daß obere bzw. untere Wahrscheinlichkeiten subadditiv bzw. superadditiv sind.

[287] Vgl. zur Possibilitätstheorie z.B. Bandemer/Gottwald (1993, S. 147 ff.), Billot (1991), Böhme (1993, S. 234 ff.), Bothe (1993, S. 93 ff.), Cooman et al. (1995), Dubois (1988), Dubois/Prade (1980, S. 125 ff.), Dubois/Prade (1983, 1986, 1988, 1991, 1995), Kruse/Gebhardt/Klawonn (1993, S. 79 ff.), Joslyn (1992 u. 1993), Rommelfanger (1994, S. 53 ff.), Wang/Klir (1992, S. 62 ff.), Zadeh (1978) sowie Zimmermann (1992, S. 109 ff.).

[288] Zur Semantik des hier verwendeten Possibilitätsbegriffs s. z.B. Rommelfanger (1994, S. 53): „Die hier betrachtete *epistemische Möglichkeit* darf nicht verwechselt werden mit der *physikalischen Möglichkeit*. Während letztere eine objektive, allgemein überprüfbare Eigenschaft ausdrückt, z.B. ‚Ist es möglich, daß diese 50 Kugeln in dieses Gefäß passen?', besteht erstere aus einer subjektiven Beurteilung, daß sich ein Ereignis realisiert, z.B. ‚Kann es morgen regnen?'"

bilitätstheorie zum Ausdruck gebracht. In natürlich-sprachlicher Ausdrucksweise stellen Möglichkeitsurteile im Vergleich zu Wahrscheinlichkeitsurteilen schwächere Bewertungen dar, denn es gelten die folgenden Beziehungen:[289] Ein Ereignis, das

- als möglich angesehen wird, muß nicht wahrscheinlich sein.
- als wahrscheinlich beurteilt wird, muß auch möglich sein.
- unmöglich ist, kann nicht wahrscheinlich sein.
- als unwahrscheinlich eingestuft wird, kann trotzdem möglich sein.

Wir werden auf diese Aussagen zurückkommen. Zentrale Bausteine der Possibilitätstheorie sind das Possibilitätsmaß und die Possibilitätsverteilung, für die folgende Definitionen gelten:[290]

Def. 10: Eine Funktion $Poss: \mathfrak{F} \rightarrow [0,1]$ heißt Possibilitätsmaß auf einer Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

(P.1.) $Poss(\varnothing) = 0$

(P.2) $Poss(\Theta) = 1$

(P.3) $A_1, A_2, \ldots \in \mathfrak{F} \Rightarrow Poss\left(\bigcup_i A_i\right) = \sup_i Poss(A_i)$

Für den Fall, daß Θ eine endliche Menge darstellt, wird (P.3) selbstverständlich durch (P.3a) ersetzt:

(P.3a) $A, B \subseteq \Theta \Rightarrow Poss(A \cup B) = \max\{Poss(A), Poss(B)\}$

Den Möglichkeitsgrad dafür, daß eine Variable den Wert x annimmt, wollen wir mit $\pi(x)$ bezeichnen. Der Begriff der Possibilitätsverteilung ist dann wie folgt definiert:[291]

Def. 11: Eine Funktion $\pi : \Theta \rightarrow [0,1]$ heißt Possibilitätsverteilung auf Θ, wenn gilt:

(P.4) $\sup_{x \in X} \pi(x) = 1$

Durch die Gleichung

(P.5) $Poss(A) = \sup_{x \in A} \pi(x) \forall A \in \mathfrak{F}$ [vgl. (P.3)]

---

[289] Vgl. z.B. Demant (1993, S. 99) sowie Rommelfanger (1994, S. 55).

[290] Vgl. z.B. Ott (1996, S. 60).

[291] Ein Vergleich der Definitionen 11 und 15 (s. S. 130 f.) zeigt, „[...] daß eine Possibilitätsverteilung [:..] und eine (normalisierte) Zugehörigkeitsfunktion [...] einer unscharfen Menge [...] mathematisch gleich definiert sind, obwohl sie auf unterschiedlichen Konzepten basieren." [Rommelfanger (1994, S. 54)]. Vgl. außerdem Freeling (1984).

wird aus einer Possibilitätsverteilung auf Θ ein Possibilitätsmaß auf $\mathfrak{F}$ induziert. Für eine abzählbare Menge X und ein Possibilitätsmaß *Poss* auf $\mathfrak{P}(X)$ wird durch die Beziehung

(P.6) $\pi(x) = Poss(\{x\}) \forall x \in X$

aber auch eine Possibilitätsverteilung auf X induziert.[292]

Zur Verdeutlichung betrachten wir folgendes Beispiel: Gegeben sei die in *Tab. 8* angeführte Possibilitätsverteilung auf $\Theta = \{1,2,3,4,5\}$.

x	1	2	3	4	5
$\pi(x)$	0,2	0,5	1	0,8	0

Tab. 8: Possibilitätsverteilung

Mit diesen Angaben kann für das aus $A = \{1,2\}$ und $B = \{3,4,5\}$ induzierte Mengensystem $\mathfrak{F} = \{\varnothing, A, B, A \cup B, \Theta\}$ das folgende Possibilitätsmaß auf $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{P}(\Theta)$ abgeleitet werden:

	$\varnothing$	A	B	$A \cup B$	Θ
Poss	0	0,5	1	1	1

Tab. 9: Possibilitätsmaß

Vor dem Hintergrund der formalen Darlegungen können wir nun auch die bereits oben angedeuteten Beziehungen zwischen Possibilitäten und Probabilitäten formal präzisieren. Es ist unmittelbar einsichtig, daß die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses nicht größer sein kann als dessen Möglichkeit, d.h. es gilt

$Poss(A) \geq Prob(A) \forall A \in \mathfrak{F}$ (P.7)[293]

Unter Beachtung der bereits oben notierten Gleichung

$Prob(A) + Prob(A^C) = 1 \forall A \in \mathfrak{F}$ (W.7) folgt i.V.m. (P.7) die Ungleichung

$Poss(A) + Poss(A^C) \geq 1 \forall A \in \mathfrak{F}$ (P.8).

Aus dieser Ungleichung ist (nochmals) ersichtlich, daß die Bedingung der σ-Additivität (im Gegensatz zu Kolmogoroffschen Wahrscheinlichkeiten) für Possibilitäten

[292] Vgl. Zadeh (1978, S. 9) und Rommelfanger (1994, S. 54).

[293] (P.7) zeigt erneut, daß ein Ereignis, das als unmöglich angesehen wird, nicht wahrscheinlich sein kann, denn wenn $Poss(A) = 0$, muß auch $Prob(A) = 0$ gelten.

nicht notwendigerweise erfüllt sein muß. Wir wollen darüber hinaus noch auf einen weiteren Unterschied bei der Interpretation von Probabilitäten und Possibilitäten hinweisen: $Poss(A)=1$ bedeutet, daß man die Realisation des Ereignisses A auf jeden Fall für möglich hält, während die stärkere Bewertung $Prob(A)=1$ bedeutet, daß das Ereignis A mit Sicherheit (also tatsächlich) eintreten wird. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Maßen ergibt sich aus den Gleichungen

(P.3a) $A,B \subseteq \Theta$ und $A \cap B = \varnothing$ und

(W.6) $A_1, A_2, \ldots \in \mathfrak{F}$ und $A_i \cap A_j = \varnothing \; \forall i \neq j \Rightarrow Prob\left(\bigcup_i A_i\right) = \sum_i Prob(A_i)$,

deren Vergleich zeigt, daß Possibilitäten im Gegensatz zu den notwendig metrisch skalierten Wahrscheinlichkeiten (Stichwort: Additivität), lediglich ordinal skaliert sein müssen (Stichwort: Maximumbildung).[294]

In der Possibilitätstheorie wird mit dem sog. Nezessitätsmaß ein weiteres – und zwar ein zum Possibilitätsmaß duales[295] - Maß verwendet.[296] Das Nezessitätsmaß ist wie folgt definiert:[297]

Def. 12: Eine Funktion $Nec: \mathfrak{F} \rightarrow [0,1]$ heißt Notwendigkeits- oder Nezessitätsmaß auf einer Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

(P.9.) $Nec(\varnothing) = 0$

(P.10) $Nec(\Theta) = 1$

(P.11) $A_1, A_2, \ldots \in \mathfrak{F} \Rightarrow Nec\left(\bigcap_i A_i\right) = \inf_i Nec(A_i)$

Für den Fall, daß Θ eine endliche Menge darstellt, wird (P.11) durch (P.11a) ersetzt:

(P.11a) $A,B \subseteq \Theta \Rightarrow Nec(A \cap B) = \min\{Nec(A), Nec(B)\}$[298]

[294] Vgl. Rommelfanger (1994, S. 54).
[295] Vgl. Zimmermann (1992, S. 116).
[296] Vgl. z.B. Dubois/Prade (1980, S. 132).
[297] Vgl. z.B. Ott (1996, S. 61).
[298] Das mit dem bereits im obigen Beispiel abgeleitete Possibilitätsmaß (s. Tab. 9) korrespondierende Nezessitätsmaß lautet wie folgt:

	$\varnothing$	A	B	$A \cup B$	Θ
Poss	0	0,5	1	1	1
Nec	0	0	0,5	1	1

Tab. 10: Possibilitäts- und Nezessitätsmaß

Es ist unmittelbar ersichtlich, daß das Nezessitätsmaß aus dem (korrespondierenden) Possibilitätsmaß abgeleitet werden kann, denn es gilt i.V.m. (P.5) für diese beiden dualen Maße:[299]

$$A_1, A_2, \ldots \in \mathfrak{F} \Rightarrow Nec\left(\bigcap_i A_i\right) = \inf_i Nec(A_i) = \inf_{x \notin \mathfrak{F}} \{1 - \pi(x)\}$$

$$\Rightarrow \forall A \in \mathfrak{P}(\Theta) \quad Nec(A) = 1 - Poss\left(A^C\right) \quad \text{(P.12)}$$

Diese Beziehung zwischen Possibilität und Nezessität läßt sich derart interpretieren, daß der Notwendigkeitsgrad des Eintretens eines Ereignisses gleich ist dem Sicherheitsgrad dafür, daß das Gegenereignis nicht eintritt.[300] Anders ausgedrückt gelten folgende Aussagenbeziehungen: „*A* ist notwendig" ≙ „*Nicht-A* ist unmöglich", wobei der Grad von „*Nicht-A* ist unmöglich" gleich ist der Differenz aus 1 und dem Grad von „*Nicht-A* ist möglich" $\left(Poss\left(A^C\right)\right)$.[301]

Des weiteren können wir aus den bisherigen Ausführungen[302] ableiten, daß

$$\max\left\{Poss(A), Poss\left(A^C\right)\right\} = 1 \quad \forall A \in \mathfrak{F} \quad \text{(P.13) sowie}$$

$$\min\left\{Nec(A), Nec\left(A^C\right)\right\} = 0 \quad \forall A \in \mathfrak{F} \quad \text{(P.14) gilt, woraus die Beziehungen}$$

$$Poss(A) \geq Nec(A) \quad \forall A \in \mathfrak{F} \quad \text{(P.15)}^{303} \text{ sowie}$$

$$Nec(A) > 0 \Rightarrow Poss(A) = 1 \quad \forall A \in \mathfrak{F} \quad \text{(P.16) und}$$

$$Poss(A) < 1 \Rightarrow Nec(A) = 0 \quad \forall A \in \mathfrak{F} \quad \text{(P.17)}$$

folgen.[304] Außerdem ergibt sich (z.B.) aus (P.12) i.V.m. (P.8) die Ungleichung

$$Nec(A) + Nec\left(A^C\right) \leq 1 \quad \forall A \in \mathfrak{F} \quad \text{(P.18)}$$

---

[299] Vgl. Billot (1991, S. 307 f.) sowie Dubois/Prade (1980, S. 132).

[300] Man beachte die Analogie zum Verhältnis zwischen Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsmaß [vgl. (DS.6), S. 113].

[301] Vgl. auch z.B. Billot (1991, S. 301). Bandemer/Gottwald (1993, S. 153 f.) erklären die Dualität von Possibilität und Nezessität wie folgt: (P.12) „[...] ist eine quantitative Fassung der in der modalen Logik diskutierten Dualitätsbeziehung zwischen den Begriffen des Möglichen und des Notwendigen, die festlegt, daß ein Ereignis notwendig ist, wenn sein Gegenteil unmöglich ist." Beispiel: Der Grad, zu dem sich eine Person notwendig in einem Unternehmen bewirbt, ist gleich dem Grad, zu welchem es unmöglich ist, daß sich die Person nicht bewirbt.

[302] Vgl. (P.3a) i.V.m. (P.2) sowie (P.11a) i.V.m. (P.9).

[303] Vgl. P.(14) i.V.m. (P.12).

[304] Vgl. auch Zimmermann (1992, S. 116). Auf eine Diskussion der durchaus nicht immer unproblematischen Semantik dieser Beziehungen sei hier verzichtet.

Darüber hinaus läßt sich zeigen, daß zwischen der Nezessität und der Possibilität eines Ereignisses dessen Wahrscheinlichkeit angesiedelt ist, d.h. daß

$$Nec(A) \leq Prob(A) \leq Poss(A) \quad \forall A \in \mathfrak{F} \text{ (P.19)}$$

gilt.[305]

2.3.2.4.2. Entscheidungen mit possibilistischen Daten

Das Possibilitätsmaß ist das „schwächste" der bisher dargestellten Unsicherheitsmaße. Aufgrund dessen sind auch die Möglichkeiten sehr stark eingeschränkt, auf der Basis (lediglich) possibilistischer Daten Entscheidungen treffen zu können.[306] Wir wollen diese Beschränkungen anhand eines auf Yager[307] zurückgehenden Entscheidungsmodells skizzieren.[308]

Ausgangspunkt des Yagerschen Ansatzes, bei dem die „formalen Ähnlichkeiten" zwischen Possibilitäts- und Fuzzy Set-Theorie[309] genutzt werden,[310] ist die Vorstellung, daß sowohl die Nutzenwerte der Handlungsalternativen als auch die Möglichkeitswerte der Umweltzustände auf einer ordinalen Skala angesiedelt sind. Neben den bereits eingeführten benötigen wir zur Darstellung des Modells folgende Symbole:

π_j := Möglichkeitsgrad des j-ten Umweltzustandes

e_{ij} := Ergebnis der Alternative a_i im Umweltzustand s_j

$\tilde{U} = \{(e_{ij}, \mu_{\tilde{U}}(e_{ij}))\}$:= unscharfe Menge der voll befriedigenden Ergebnisse, mit $\mu_{\tilde{U}}(e_{ij}) = u_{ij} \in [0,1]$

$\tilde{J} = \{(j, \mu_{\tilde{J}}(j))\}$:= unscharfe Menge der möglichen wahren Umweltzustände, mit $\mu_{\tilde{J}}(j) = \pi_j \in [0,1]$

Aus dem Raum der wählbaren Handlungsalternativen ist die Alternative i^{opt} auszuwählen, die über das folgende Entscheidungskriterium ermittelt wird:

---

[305] Vgl. Billot (1991, S. 308 u. S. 320).

[306] Dies sieht man auch an dem relativ geringem Umfang der einschlägigen Literatur. Vgl. z.B. Buckley (1987) und Hägg (1978).

[307] Vgl. Yager (1979).

[308] Vgl. auch die Darstellung bei Rommelfanger (1994, S. 141 ff.). Von Whalen (1984) stammt ein weiteres possibilistisches Entscheidungsmodell.

[309] Zu den formalen Grundlagen der Fuzzy Set-Theorie vgl. Abschnitt C.2.3.3.1. (S. 128 ff.) sowie den Anhang 1 (S. 204 ff.) der vorliegenden Arbeit.

[310] „Fuzzy sets and possibility theory offer a unified framework where both preferences and uncertainty can be modelled." [Dubois/Prade (1995)].

$$u\left(i^{opt}\right) = \max_{i \in \bar{I}} \left[\max_{j \in \bar{J}} \min\left(u_{ij}, \pi_j\right) \right] \quad \text{(P.20)}$$

Zur Verdeutlichung betrachten wir folgendes Beispiel: In der Personalabteilung eines Unternehmens soll ein Personalplanungssystem auf EDV-Basis eingeführt werden. Der Leiter der Personalabteilung steht vor der Entscheidung, ob den Personalsachbearbeitern Kenntnisse der Softwareprogrammierung $(i = 1)$ oder der Softwareanwendung $(i = 2)$ vermittelt werden sollen. Aufgrund des erforderlichen zeitlichen Vorlaufs der Qualifizierungsmaßnamen hat er die Entscheidung zu treffen, bevor die Unternehmensleitung darüber befindet, ob das geplante Personalplanungssystem mit einer individuell auf das Unternehmen zugeschnittenen Software $(j = 1)$, einer Standardsoftware $(j = 2)$ oder mit einer individuell ergänzten Standardsoftware $(j = 3)$ betrieben werden soll. In der folgenden *Tab. 11* sind neben den Einschätzungen des Personalabteilungsleiters von den Realisationsmöglichkeiten der drei Umweltzustände sowie den zustands- und alternativenabhängigen Nutzenwerten auch die possibilistischen Gesamtnutzenwerte („Nutzenerwartungswerte") der beiden Alternativen $u(i)$ angegeben:

	$\pi_1 = 0{,}6$	$\pi_2 = 0{,}4$	$\pi_3 = 1$	
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$u(i)$
$i = 1$	1	0,2	0,6	$\max(0{,}6;0{,}2;0{,}6) = 0{,}6 = u\left(i^{opt}\right)$
$i = 2$	0	0,8	0,5	$\max(0;0{,}4;0{,}5) = 0{,}5$

Tab. 11: Entscheidungsmatrix

Der Leiter der Personalabteilung entscheidet sich nach dem Yagerschen Kalkül also für die Vermittlung von Kenntnissen der Softwareprogrammierung.

Aufgrund der ordinal skalierten Nutzenwerte für die Ergebnisse und der ebenfalls ordinal skalierten Möglichkeitswerte für die Umweltzustände sind im hier geschilderten Kontext lediglich Max-min-Vergleiche und damit keine arithmetischen Operationen zulässig. Dies kann, wie sich leicht zeigen läßt, zu relativ unsinnigen Entscheidungen führen.[311] Dieser Kritikpunkt ist jedoch nicht dem Yager-Modell anzulasten. Das Modell ist für ordinal skalierte Sachverhalte konzipiert und bei reiner Ordinalskalierbarkeit der Daten sind die Möglichkeiten der rationalen Entscheidungsfindung (wie bereits oben erwähnt)[312] nun einmal begrenzt. Das Hauptproblem des Yagerschen An-

[311] Vgl. das Beispiel von Rommelfanger (1994, S. 143).
[312] Vgl. Abschnitt B.3.2.2.2. (S. 54).

satzes ist allerdings darin zu sehen, daß nur schwer bzw. unvergleichbare Zugehörigkeitswerte miteinander verglichen werden müssen, nämlich die Möglichkeit der Zustandsrealisation mit dem Nutzen einer Handlungsalternative.[313]

2.3.2.3. Resümee: Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Unschärfemaßen

Im vorliegenden Abschnitt 2.3.2. haben wir uns mit verschiedenen Maßen beschäftigt, auf Basis derer der Entscheidungsträger seine Glaubwürdigkeitsvorstellungen über den Eintritt künftiger Umweltzustände zum Ausdruck bringen kann und die als Unsicherheits- oder Fuzzy-Maße bezeichnet werden. Jedes dieser Unsicherheitsmaße weist gewisse Eigenschaften auf, deren Kenntnis erforderlich ist, damit man sich im Anwendungsfall für ein geeignetes Maß entscheiden kann. Zwecks Verdeutlichung dieser Eigenschaften wollen wir die betrachteten Maße miteinander vergleichen.[314] Dazu sei vorab ein von Sugeno[315] in die Literatur eingeführtes allgemeines Fuzzy-Maß definiert:

Def. 13: Eine Funktion $Fu: \mathfrak{F} \to [0,\infty]$ heißt Fuzzy-Maß auf einer Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

(F.1) $Fu(\varnothing) = 0$

(F.2) $A, B \in \mathfrak{F} \wedge A \subseteq B \Rightarrow Fu(A) \leq Fu(B)$ (Monotoniebedingung)

(F.3) $A_1, A_2, \ldots \in \mathfrak{F} \in \mathfrak{P}(\Theta) \wedge (A_1 \subseteq A_2 \subseteq \ldots \vee A_1 \supseteq A_2 \supseteq \ldots)$

$$\Rightarrow \lim_{i \to \infty} Fu(A_i) = Fu\left(\lim_{i \to \infty} A_i\right) \text{ (Stetigkeitsbedingung)}^{316}$$

Fu heißt reguläres Fuzzy-Maß, wenn zusätzlich gilt:

(F.4) $Fu(\Theta) = 1$

$Fu(A)$ wird von Sugeno als „Grad der Fuzziness" des Ereignisses A interpretiert. Da ein Wahrscheinlichkeitsmaß auf $\mathfrak{F}$ sowohl der Monotonie- als auch der Stetigkeitsbedingung genügt, stellt dieses ein Fuzzy-Maß dar.

Mit dem sog. λ–Fuzzy-Maß hat Sugeno ein weiteres Unschärfemaß formuliert, das u.a. die Additivitätseigenschaft von Wahrscheinlichkeitsmaßen relaxiert.[317] Das λ–Fuzzy-Maß ist zwar ein spezielles Fuzzy-Maß, es ist aber insofern ein sehr allgemei-

[313] Vgl. Ott (1996, S. 166).

[314] Vgl. zu den folgenden Ausführungen vor allem Dubois/Prade (1980, S. 126 ff.). Vgl. auch Turksen (1984).

[315] Vgl. Sugeno (1974).

[316] Diese Bedingung ist bei nicht-endlichen Grundbereichen Θ erforderlich [vgl. z.B. Kruse/Gebhardt/Klawonn (1993, S. 153)].

nes Maß, da es durch Variationen des Parameters λ eine ganze Reihe weiterer Maße als Spezialfälle enthält.

Def. 14: Ein auf einer Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$ definiertes Fuzzy-Maß Fu_λ heißt λ-Fuzzy-Maß auf $\mathfrak{F}$, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:[318]

$$(F.5)\quad Fu_\lambda(A \cup B) = Fu_\lambda(A) + Fu_\lambda(B) + \lambda \cdot Fu_\lambda(A) \cdot Fu_\lambda(B)$$
$$\forall A, B \in \mathfrak{F} \Rightarrow A \cap B = \varnothing, \lambda > -1$$

λ-Fuzzy-Maße besitzen u.a. die folgenden Eigenschaften: Sie sind (wie sich leicht beweisen läßt[319])

- für $\lambda > -1$ stets Fuzzy Maße lt. Def. 13,
- für $\lambda = 0$ additiv und damit Wahrscheinlichkeitsmaße lt. Def. 4,
- für $\lambda < 0$ subadditiv und für $\lambda > 0$ superadditiv,
- für $\lambda \geq 0$ Glaubwürdigkeitmaße und
- für $-1 < \lambda \leq 0$ Plausibilitätsmaße.

Darüber hinaus läßt sich u.a. feststellen, daß bei endlichen Grundmengen – und von dieser Annahme gehen wir in der vorliegenden Arbeit aus - jedes Possibilitätsmaß (bzw. Nezessitätsmaß) ein Plausibilitätsmaß (bzw. Glaubwürdigkeitsmaß) ist[320]. Für den Fall, daß der Plausibilitäts- und der Glaubwürdigkeitsgrad eines Ereignisses gleich sind, gilt $Pl(A) = Bel(A) = Prob(A)$. Dies ist dann der Fall, wenn die Fokalmengen Einsermengen darstellen. Wir können somit auch folgern, daß die Wahrscheinlichkeit ein spezielles Glaubwürdigkeits- und Plausibilitätsmaß ist. Eine Übersicht der zwischen den thematisierten Unschärfemaßen existierenden Zusammenhänge kann (der in Anlehnung an Dubois/Prade[321] erstellten) *Abb. 32* entnommen werden:

---

[317] Vgl. Sugeno (1974).

[318] Vgl. z.B. Ott (1996, S. 45) sowie Rommelfanger (1994, S. 52).

[319] Vgl. Dubois/Prade (1980, S. 127 ff.).

[320] Diese Aussage folgt daraus, daß bei genesteten Fokalmengen – d.h. wenn $\mathfrak{a}_1 \subseteq \mathfrak{a}_2 \subseteq \ldots \subseteq \mathfrak{a}_n$ - ein Plausibilitätsmaß (bzw. Glaubwürdigkeitsmaß) ein Possibilitätsmaß (bzw. Nezessitätsmaß) darstellt [vgl. Wang/Klir (1992, S. 64 f.)].

[321] Vgl. Dubois/Prade (1980, S. 132).

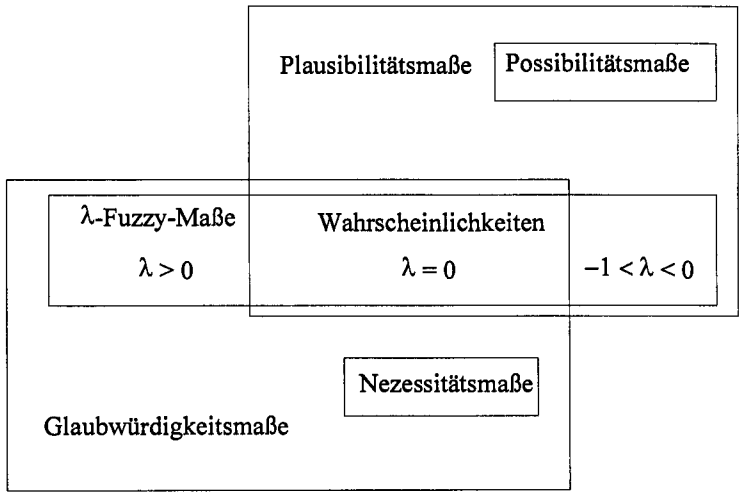


Abb. 32: Zusammenhänge zwischen Unschärfe-Maßen

2.3.3. Ausgewählte Unsicherheitsmaße für unscharfe Ereignismengen

2.3.3.1. Fuzzy-Ereignisse: Terminologische und systematische Grundlagen

Die bisherigen Ausführungen standen unter der Annahme, der Entscheidungsträger könne die zu prognostizierenden Ereignisse in Form „klassischer" Mengen beschreiben.[322] In vielen Fällen wird er dazu jedoch nicht in der Lage sein. Auch und gerade im Bereich der strategischen (Personal-) Planung können aufgrund der Langfristigkeit des Planungszeitraums bzw. der Erfolgswirkungen und der korrespondierenden Interpretationsoffenheit der Indikatoren Ereignisse häufig nur in vager Form angegeben werden. Man wird in solchen Situationen z.B. eher einen „hohen", „mittleren" oder „geringen" Gewinn, eine „relativ hohe" oder „recht geringe" Flexibilität der Personalausstattung und eine „ziemlich gute" oder „mäßige" Nachfrage prognostizieren anstatt punktgenaue Zahlenangaben über künftige Entwicklungenzu machen. Die mit diesen Beispielen angesprochene Form der Unbestimmtheit – die wir im folgenden als Unschärfe bezeichnen werden - bezieht sich nicht auf das (zufällige) Eintreten von Ereignissen sondern auf die Ereignisse selbst.[323]

---

[322] Als „klassisch" bezeichnen wir Mengen im Cantorschen Sinne bzw. im Sinne der axiomatischen Mengenlehre [vgl. Reinhardt/Soeder (1987, S. 22 ff.)].

[323] Der Ereignisbegriff wird an dieser Stelle sehr weit gefaßt, und zwar i.S. von „Sachverhalt", so daß wir grundsätzlich auch unscharfe Wahrscheinlichkeitsurteile – z.B. der Form „$Prob(A)$ beträgt ungefähr 0,3" - in die Überlegungen einbeziehen könnten. Die Verfahren zur Verarbeitung

Die ursprünglich von Zadeh[324] konzipierte Theorie unscharfer Mengen (Fuzzy set-Theorie) bietet die Möglichkeit, auch solche Ambiguitätsformen mathematisch exakt zu erfassen, die sich nicht auf den stochastischen Fall beziehen. Sie läßt sich immer dann „sinnvoll" anwenden, wenn mengentheoretische Überlegungen zwar angezeigt erscheinen, die relevanten Mengen jedoch nicht dichotom abgrenzbar sind. Im oberen Teil der *Abb. 33* ist der nicht-deterministische Fall in zwei Hauptkategorien unterteilt. Beim linken Ast erkennt man jene Form der Unbestimmtheit, deren Behandlung eine wesentlich längere Tradition in der entscheidungs- und spieltheoretischen Literatur hat als die im rechten Ast notierte Form: Während der Entscheidungsträger im Falle der Unsicherheit i.e.S. lediglich angeben kann, welche Zustände der Welt (in seinem Urteil) überhaupt eintreten können, ist er in Risikosituationen darüber hinaus in der Lage, sich ein abgestuftes Glaubwürdigkeitsurteil über (den Eintritt) diese(r) Zustände zu bilden.[325] Die andere Spielart der Unbestimmtheit, für die die Fuzzy-Mengentheorie begründet wurde, differenzieren wir in terminologische und relationale Unschärfe. Mehrdeutige Begriffe, die erst durch die Angabe zusätzlicher Kriterien präzisiert werden können, nennen wir terminologisch unscharf,[326] während bei relationaler Unschärfe die Beziehungen zwischen Objekten vage sind.[327] Im Gegensatz zu den beiden (exklusiven) Kategorien der Unsicherheit können terminologische und relationale Unschärfen gemeinsam auftreten.[328]

Im unteren Teil der *Abb. 33* werden mit der Entscheidungs- und der Spieltheorie Anwendungsgebiete der Fuzzy-Theorien aufgezeigt, die bekanntermaßen danach differenziert sind, ob Spiele gegen die Natur oder gegen rational handelnde Gegenspieler betrachtet werden.

---

von Fuzzy-Wahrscheinlichkeiten – auf deren Betrachtung wir in der vorliegenden Arbeit unter Verweis auf die einschlägige Literatur [vgl. z.B. Dubois/Prade (1982)] verzichten - sind jedoch sehr „rechenaufwendig" [Rommelfanger (1994, S. 123)].

[324] Vgl. Zadeh (1965).

[325] Für diese Glaubwürdigkeitsurteile kommen alle in Kap. C.2.3.2. angesprochenen Unsicherheitsmaße und damit die Fuzzy-Maßtheorie in Betracht. Wir orientieren uns zwar an „[...] der klassischen Einteilung von [...]" Unsicherheitssituationen, gehen aber bei der Abgrenzung der Risikosituation insofern über diese hinaus, als wir ihr allgemeine Fuzzy-Maße zugrundelegen und nicht notwendig davon ausgehen, „[...] daß die Verteilungen der auftretenden zufälligen Variablen bekannt sind." [s. Piesch (1968, S. 79)].

[326] Z.B. sind die Aussagen der Gewinn ist „zufriedenstellend", die Mitarbeiter sind „hoch" motiviert und die Wahrscheinlichkeit ist „gering" terminologisch unscharf.

[327] Z.B. sind die Aussagen *A* ist „viel größer" oder „ungefähr gleich" *B* relational unscharf.

[328] Z.B. ist die Aussage *A* ist „viel intelligenter" als *B* terminologisch und zugleich relational unscharf.

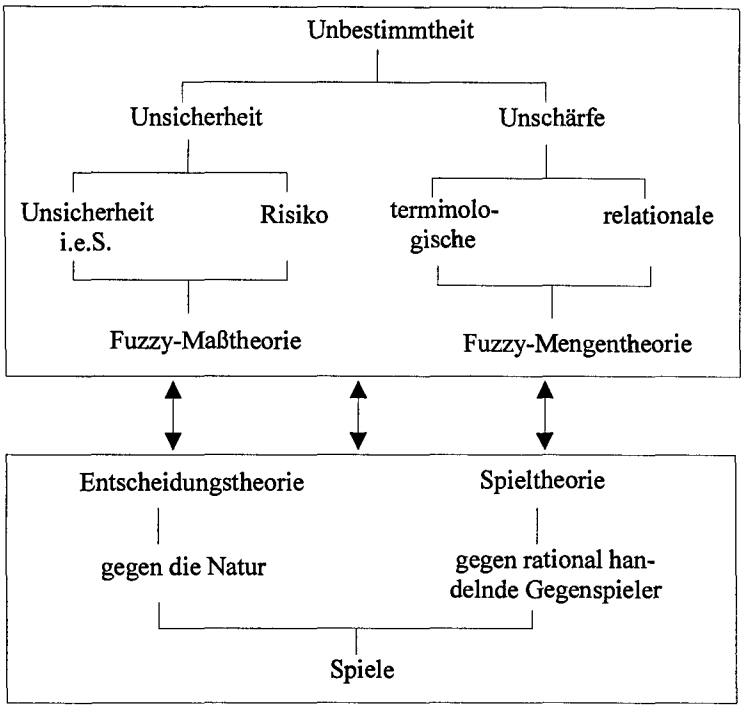


Abb. 33: Formen der Unbestimmtheit, Fuzzy-Theorien und deren Anwendungsgebiete

Um einen genaueren Eindruck davon vermitteln zu können, was man unter den genannten Unschärfekategorien versteht, wollen wir zunächst den Begriff der unscharfen Menge definieren.[329]

Def. 15: Ist X eine klassische Menge mit den Elementen x, dann ist die unscharfe Menge $\tilde{A}$ auf X eine Menge geordneter Zweitupel

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\} \qquad \text{mit } \mu_{\tilde{A}} : X \rightarrow \mathrm{IR}^+$$

[329] Die für die vorliegende Arbeit als wesentlich zu erachtenden formalen Grundlagen der Fuzzy Set-Theorie können dem Anhang 1 (S. 204 ff.) und der dort angegebenen Literatur entnommen werden. Def. 15 zeigt zudem, daß sich die in der LPI-Theorie verwendeten inexakten Wahrscheinlichkeitsurteile als Spezialfälle einer unscharfen Menge interpretieren lassen, deren Zugehörigkeitsfunktion in graphischer Darstellung ein Plateau aber keine Spreizungen aufweist.

Dabei ist $\mu_{\tilde{A}}$ die Zugehörigkeitsfunktion und IR^+ der Zugehörigkeitsraum. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ kennzeichnet für jedes $x \in X$ den Zugehörigkeitsgrad zur unscharfen Menge $\tilde{A}$.[330]

Zur Verdeutlichung terminologischer Unschärfen betrachten wir eine klassische Menge $X = \{0,1,2,3,4,5\}$ von Gewinnausprägungen (Angaben in Mio. GE), die hinsichtlich einer unscharfen Aussage „der Gewinn$x$ ist hoch" zu bewerten sind. Die unscharfe Menge $\tilde{A}$ der „hohen" Gewinne auf X kann dann z.B. wie folgt formuliert werden: $\tilde{A} = \{(0;0),(1;0),(2;0,2),(3;0,4),(4;1),(5;1)\}$. Der Graph der Zugehörigkeitsfunktion $\mu_{\tilde{A}}$ besitzt in diesem Fall folgende Gestalt *(Abb. 34)*:[331]

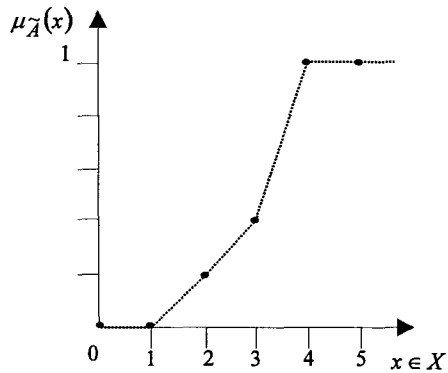


Abb. 34: Zugehörigkeitsfunktion

Als Beispiel für relationale Unschärfen wollen wir eine lineare Ungleichung vom Typ „$a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \ldots + a_J \cdot x_J \tilde{\leq} b; b + \Delta$" betrachten, bei der a_j den Koeffizienten der Entscheidungsvariable x_j, b die Restriktionsgrenze sowie Δ einen Abweichungstoleranzparameter symbolisiert. Diese Ungleichung ist dahingehend zu interpretieren, daß die Summe der mit den jeweiligen Koeffizienten gewichteten Varia-

[330] Zur Kennzeichnung einer Menge als fuzzy set werden wir diese im folgenden durchgängig mit einer Tilde versehen. Gleiches gilt für unscharfe Relationen z.B. $(\text{z.B.} \tilde{\leq}, \tilde{=}, \tilde{\geq})$. Die erweiterten algebraischen Operatoren für unscharfe Mengen kennzeichnen wir – wie in der Literatur üblich - mit einem Kreis (z.B. $\oplus, \ominus$). Darüber hinaus verwenden wir in der vorliegenden Arbeit durchgängig (sog.) normalisierte unscharfe Mengen, d.h. fuzzy sets, deren Zugehörigkeitsraum auf das Intervall [0,1] beschränkt ist (vgl Def. A.3., S. 204).

[331] Zum Zwecke der Veranschaulichung verbinden wir die Funktionswerte mit einem Polygonzug.

blenausprägungen (linke Seite), den Wert b „möglichst" nicht übersteigen soll, auf keinen Fall jedoch größer werden darf als $b + \Delta$.[332]

Operationen mit unscharfen Mengen können sich mitunter recht aufwendig gestalten. Zum Zwecke der Vereinfachung bietet die Fuzzy Set-Theorie jedoch verschiedene Konzepte und Instrumente an. Dazu gehören u.a. sog. Erweiterungsprinzipien, mit denen es gelingt, auch auf nicht-identischen Grundmengen basierende unscharfe Mengen zu aggregieren und Fuzzy-Zahlen und –Intervalle auf der Basis von*LR*-Funktionen darzustellen.[333] Auf letztere wollen wir - diese einführenden Bemerkungen abschließend - in der gebotenen Kürze eingehen. In den*Abb. 35a* und *35b* sind (exemplarisch) die Graphen der Zugehörigkeitsfunktionen einer *LR*-Fuzzy-Zahl $\tilde{Z} = (m, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ und eines *LR*-Fuzzy-Intervalls $\tilde{I} = (m_1, m_2, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ dargestellt. Aus diesen ist ersichtlich, daß jeweils $\underline{\alpha}$ die linke und $\overline{\alpha}$ die rechte Spannweite (Spreizung) sowie m den Gipfelpunkt einer *LR*-Fuzzy Zahl symbolisieren bzw. bei *LR*-Fuzzy-Intervallen alle Punkte mit dem Zugehörigkeitswert 1 im Intervall $[m_1, m_2]$ liegen.[334]

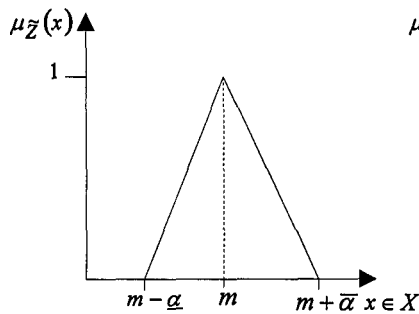


Abb. 35a: Zugehörigkeitsfunktion einer LR-Fuzzy-Zahl $\tilde{Z} = (m, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$

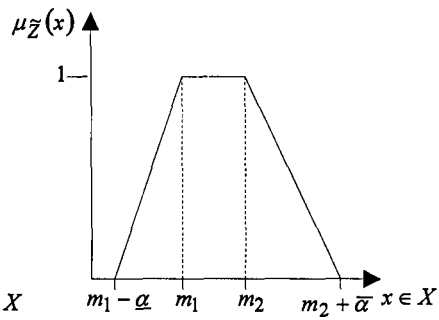


Abb. 35b: Zugehörigkeitsfunktion eines LR-Fuzzy-Intervalls $\tilde{I} = (m_1, m_2, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$

Wir werden in der vorliegenden Arbeit durchgängig mit Fuzzy-Zahlen und –Intervallen vom *LR*-Typ arbeiten, da für diese die (erweiterten) algebraischen Operationen

---

[332] In einer Restriktion vom Typ „$\tilde{a}_1 \odot x_1 \oplus \tilde{a}_2 \odot x_2 \oplus \ldots \oplus \tilde{a}_J \odot x_J \lesssim \tilde{b}$ "liegt sowohl terminologische (bei den Koeffizienten und der Beschränkungsgröße) als auch relationale Unschärfe vor.

[333] Wir verweisen bzgl. formaler Grundlagen wiederum auf den Anhang, der u.a. eine Darstellung des Zadehschen Erweiterungsprinzips beinhaltet.

[334] Z.B. könnte man die Aussage „wir rechnen in den nächsten Jahren mit einer Nachfrage von ca. 3.000 Stück" als LR-Fuzzy-Zahl $\tilde{Z} = (3000,200,500)_{LR}$ oder als LR-Fuzzy-Intervall $\tilde{I} = (2800,3100,100,200)_{LR}$ operationalisieren.

– wie z.B. Addition und Multiplikation – relativ einfach durchzuführen sind. Mit diesen (fuzzy set-) theoretischen Vorüberlegungen sind wir nun in der Lage, die Wahrscheinlichkeit und die Möglichkeit unscharfer Ereignisse zu thematisieren.

2.3.3.2. Die Wahrscheinlichkeit und die Möglichkeit von Fuzzy-Ereignissen

Im Bereich der strategischen Personalplanung sind häufig Fragen danach zu beantworten, wie hoch die Wahrscheinlichkeit oder der Möglichkeitsgrad z.B. dafür ist, daß bei gewissen Szenarien die Ertragslage „günstig" sowie Maßnahmen der Personalentwicklung „erfolgreich" sind und den Entfaltungsbedürfnissen der Mitarbeiter in „angemessenem" Umfang entsprochen wird. Zur Beantwortung solcher Fragen erweist sich die - erstmals von Zadeh[335] konzipierte - Verbindung zwischen Wahrscheinlichkeits- bzw. Possibilitätstheorie einerseits und Fuzzy Set-Theorie andererseits als fruchtbar. Die Wahrscheinlichkeit eines Fuzzy-Ereignisses ist wie folgt definiert:[336]

Def. 16: (FW.1) Sei $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{P}(\Theta)$ eine σ-Algebra auf dem endlichen Ergebnisraum Θ und $Prob: \mathfrak{F} \to [0,1]$ ein Wahrscheinlichkeitsmaß auf der Ereignisalgebra $\mathfrak{F}$.

(FW.2) Ein Fuzzy-Ereignis $\tilde{A}$ in Θ ist dann eine unscharfe Menge $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in \Theta\}$, deren Zugehörigkeitsfunktion Borel-meßbar[337] ist.

(FW.3) $Prob(\tilde{A})$ heißt dann Wahrscheinlichkeit des Fuzzy-Ereignisses $\tilde{A}$, wenn gilt: $Prob(\tilde{A}) = \sum_{x \in \Theta} \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot Prob(\{x\})$[338]

Demgegenüber gilt für die Möglichkeit eines Fuzzy-Ereignisses folgende Definition:[339]

Def. 17: (FP.1) Sei $\pi: \Theta \to [0,1]$ eine Possibilitätsverteilung auf dem Ergebnisraum Θ und $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in \Theta\}$ ein Fuzzy-Ereignis in Θ.

---

[335] Vgl. Zadeh (1968).

[336] Vgl. Zadeh (1968, S. 422 ff.), Rommelfanger (1994, S. 58) sowie Bandemer/Gottwald (1993, S. 160 ff.). In diesen Quellen werden – im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit – auch überabzählbare Ergebnisräume Θ betrachtet.

[337] Zum Begriff der Borel-meßbaren Abbildung vgl. Bauer (1992, S. 41).

[338] $Prob(\tilde{A})$ wird von Zadeh (1968, S. 423) auch als Erwartungswert der Zugehörigkeitsfunktion bezeichnet.

[339] Vgl. Rommelfanger (1994, S. 62)

(FP.2) $Poss(\widetilde{A})$ heißt dann Possibilitätsmaß des Fuzzy-Ereignisses $\widetilde{A}$, wenn gilt: $Poss(\widetilde{A}) = \sup_{x \in \Theta} \min(\mu_{\widetilde{A}}(x), \pi(x))$

Zur Verdeutlichung greifen wir auf die Possibilitätsverteilung aus *Tab. 8*[340] zurück und berechnen die Wahrscheinlichkeiten und die Möglichkeitswerte zweier Fuzzy-Ereignisse $\widetilde{A}$ und $\widetilde{B}$, deren Zugehörigkeitswerte ebenso in *Tab. 12* angegeben sind wie die Werte $\pi(x)$ und $Prob(x)$:

x	1	2	3	4	5
$\pi(x)$	0,2	0,5	1	0,8	0
$Prob(x)$	0,05	0,05	0,6	0,3	0
$\mu_{\widetilde{A}}(x)$	1	0,9	0,3	0	0
$\mu_{\widetilde{B}}(x)$	0	0,1	0,5	0,8	1

Tab. 12: $\pi(x)$, $Prob(x)$ und Zugehörigkeitswerte

In diesem Beispiel ergeben sich für die beiden unscharfen Ereignisse die Möglichkeitswerte $Poss(\widetilde{A}) = 0{,}5$ und $Poss(\widetilde{B}) = 0{,}8$ sowie die Wahrscheinlichkeiten $Prob(\widetilde{A}) = 0{,}275$ und $Prob(\widetilde{B}) = 0{,}545$.[341]

[340] Siehe S. 121 der vorliegenden Arbeit.

[341] Vgl. zu einer näheren Betrachtung konzeptioneller und lösungsprozeduraler Aspekte von Entscheidungsmodellen mit Fuzzy-Zuständen z.B. Rommelfanger (1994, S. 125 ff.) und die dort angegebene Literatur. In Kap. D formulieren wir lineare Optimierungsmodelle zur strategischen Personalplanung in Risikosituationen bei terminologischer und relationaler Unschärfe.

D. Entscheidungsmodelle der strategischen Personalplanung

1. Einführung

Wir haben oben insgesamt acht (Typen von) Basisstrategien skizziert.[342] Drei dieser Strategietypen, nämlich Strategien zur Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen (D.2.), Strategien zur Ausschöpfung von Personalpotentialitäten (D.3.) und Strategien zur Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen (D.4.), werden wir im vorliegenden Kapitel modelltheoretisch untersuchen. Durch diese Auswahl sind wir in der Lage, sowohl Strategien im Bereich des personalwirtschaftlichen Disponibilitäts- als auch im Bereich des Funktionalitätsproblems zu thematisieren, die auf den beiden basalen Orientierungsmustern (Belange des Betriebes und Belange der Mitarbeiter) beruhen. Darüber hinaus können wir – trotz aller mit diesem Vorgehen verbundenen Selektivität – zeigen, wie Entscheidungsmodelle der strategischen Personalplanung grundsätzlich aufgebaut sein sollten. Da die wissenschaftliche Literatur solche Modelle für Bereich der strategischen Planung im allgemeinen[343] und der strategischen Personalplanung im besonderen[344] in eng begrenztem Umfang bereithält, besitzt der letztgenannte Aspekt besondere Relevanz.

Die im folgenden zu formulierenden Entscheidungsmodelle beruhen – um die Nachvollziehbarkeit der Ausführungen zu erleichtern – auf bewußt einfach gehaltenen Problemstellungen. Außerdem werden, wie bereits oben abgeleitet, alle Modelle nach dem Prinzip der flexiblen Planung konstruiert. Dabei gehen wir durchgängig von der Annahme aus, daß das betrachtete Unternehmen nach Erreichen des Planungshorizontes liquidiert werde. Diese (bereits im oben dargestellten Lauxschen Ansatz enthaltene) Liquidationsprämisse erlaubt gewisse Vereinfachungen, indem z.B. auf die Diskontierung von Personalinvestitionen, die sonst über den Planungshorizont hinaus-

---

[342] S. Abschnitt C.1.2., insbes. *Abb. 12* (S. 70).

[343] Optimierungsmodelle der strategischen Planung werden z.B. von Felzmann (1982), Hanssmann (1981), Jacob (1980), Popp (1983 u. 1986), Schober (1988) und Voigt (1992) formuliert. Vgl. außerdem Ball (1978), Cunha (1989), Green Hall (1987), Hahn/Steinmetz (1976), Hanssmann (1982, 1985, 1985a, 1988), Meyhak (1970), Naylor/Naylor (1984), Neubürger (1980), Schmidt (1980), Trux (1985), Werners (1993) sowie Zimmermann (1981 u. 1989).

[344] Von Weinmann (1978) stammt ein auf System Dynamics basierendes Simulationsmodell der strategischen Personalplanung. Die meisten der (dem Autor bekannten) zum Themengebiet „strategische Personalplanung/strategisches Personalmanagement" veröffentlichten Arbeiten beschäftigen sich – unter Verzicht auf die Formulierung von Optimierungsmodellen – mit Portfolio-Analysen, Punktbewertungsverfahren etc. [vgl. z.B. Ackermann (1987 u. 1991), Becker (1988), Ciupka (1991), Elšik (1992), Festing (1997), Gloede (1991), Ling (1989), Maasch (1996), Röthig (1982), Scholz (1982), Thiess/Jacobs (1987, S. 467), Weber/Klein (1992) sowie Wright/McMahan (1992)].

ausreichen würden, verzichtet werden kann.[345] In den zu formulierenden Entscheidungsmodellen bringen wir teils scharfe und teils unscharfe Daten sowie teils exakte und teils inexakte Wahrscheinlichkeiten in Ansatz. Außerdem unterstellen wir eine grundsätzlich risikoneutrale, sich am Bernoulli-Prinzip orientierende Planungsinstanz, wobei Präzisierungen dieser Prämisse vor allem bei den auf inexakten Wahrscheinlichkeiten, unscharfen Daten oder mehrereren Zielfunktionen basierenden Modellen erforderlich werden.

2. Strategien zur Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen

2.1. Vorbemerkung

Wie bereits oben angedeutet, basieren Personalstrategien zur Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen auf produktions- und investitionsprogrammatischen sowie organisationsstrukturellen Vorentscheidungen und in Konsequenz auf festgelegten Personalbedarfen, die (meist) als (vage) Daten in den Prozeß der Strategieformulierung, -bewertung und -auswahl eingehen. Ausgangspunkt dieser Strategien ist eine gründliche Analyse des Arbeitsmarktes und der sich bietenden Möglichkeiten der Personalbedarfsdeckung. Wir wollen im folgenden die vom Arbeitsmarkt ausgehenden Chancen der Personalbereitstellung, Personalverwendung und Personalentlohnung in das Zentrum der Betrachtung stellen und dabei Möglichkeiten bzw. Erfordernisse der Einstellung, Entlassung und Schulung sowie des Einsatzes von Arbeitskräften bei im Zeitablauf schwankendem Personalbedarf analysieren. Ziel unserer Überlegungen ist die Formulierung eines Entscheidungsmodells zur Generierung und Auswahl ökonomisch legitimierbarer Strategien der Personalbereitstellung unter Fokussierung der genannten Arbeitsmarktchancen.[346]

Zur theoretischen Stützung der Ausführungen bietet es sich an, auf ökonomische Arbeitsmarkttheorien zu rekurrieren. Da bis dato jedoch keine geschlossene Arbeitsmarktheorie existiert, „[...] sondern vielmehr [...] eine Vielzahl sich teils ergänzender, teils widersprechender [...]“[347] theoretischer Ansätze, wollen wir das resultierende Selektionsproblem durch Rückgriff auf die Humankapitaltheorie „angehen“, die aufgrund ihrer mikroökonomischen Fundierung als besonders einschlägig angesehen werden kann.

Zu den wichtigsten Problemstellungen der Humankapitaltheorie zählen (interdependente) Fragen

- nach den Financiers beruflicher Schulungsprozesse,

[345] Zu Personalplanungsmodellen, in denen solche Diskontierungen vorgenommen werden, vgl. z.B. Strutz (1976).

[346] Zu Entscheidungsmodellen der Personalbereitstellungsplanung vgl. z.B. Kossbiel (1988 u. 1993)

[347] Sesselmeier/Blauermel (1990, S. 2 f.).

- nach den Wirkungen der Finanzierungsart auf die Lohnsätze und auf das betriebliche Rekrutierungspotential,
- nach dem Nutzen alternativer Schulungsmaßnahmen für die von ihnen Betroffenen sowie
- nach der Dauer von Qualifizierungsgängen und die mit ihnen verbundenen Fluktuationseffekte.[348]

Ohne hier differenzierter auf die humankapitaltheoretischen Lösungsvorschläge einzugehen, wollen wir doch drei Aspekte hervorheben: (1) Betriebe werden vor allem dann die Finanzierung von Schulungsmaßnahmen übernehmen, wenn es sich um Bildungsgänge zur Vermittlung betriebsspezifischer Kenntnisse handelt, bei denen die Amortisationswahrscheinlichkeit relativ hoch ist.[349] (2) Die Arbeitskräfte hingegen werden umso eher zur Teilnahme an Bildungsgängen und zur Hinnahme der korrespondierenden (temporären) Einkommenseinbußen bereit sein, je günstiger sich anschließend ihr Einkommensprofil entwickelt. (3) Des weiteren hängt das Fluktuationsverhalten des Personals maßgeblich von der Art der Ausbildung, deren Finanzierung[350], den korrespondierenden Beschäftigungschancen und den Möglichkeiten des Einkommenserwerbs ab.

2.2. Formulierung eines Grundmodells

Die genannten humankapitaltheoretischen Vorüberlegungen aufgreifend wollen wir nun ein (auf dem Prinzip der flexiblen Planung basierendes) Grundmodell zur Planung geeigneter Personalstrategien konstruieren. Dabei sei u.a. unterstellt, daß die Möglichkeiten der Rekrutierung, Entlassung und Schulung von Arbeitskräften (auch) von Art und Höhe der gewählten Entlohnung determiniert werden. Das Modell beruht im wesentlichen auf folgenden Annahmen:

1. Kosten der Personalentlohnung, -einstellung, -entlassung, -freistellung und –schulung, tätigkeitsbezogene Personalbedarfe sowie Rekrutierungs- und Schulungspotentiale gehen als (scharfe) Daten in den Kalkül ein. Sie konstituieren alternative Szenarien, über deren Eintritt sich die Planungsinstanz ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil bilden kann.
2. Die Möglichkeiten der Personalrekrutierung werden maßgeblich von der gewährten Entlohnung und von den betrieblicherseits angebotenen Schulungsmaßnahmen beeinflußt.

---

[348] Vgl. z.B. Joll et al. (1983, S. 49 ff.) sowie Sesselmeier/Blauermel (1990, S. 57 ff.).

[349] Die Humankapitaltheorie unterscheidet spezielle (betriebsspezifische) von genereller (betriebsübergreifender) Ausbildung [vgl. z.B. Becker (1983, S. 19 ff.)]. Generelle Bildungsgänge werden vor allem von der Arbeitskraft bzw. von staatlichen Institutionen finanziert.

[350] Vgl. in diesem Zusammenhang Alewell (1997).

3. Es sind Entscheidungen darüber zu treffen, in welchem Ausmaß Potential- bzw. Anforderungslöhne gezahlt werden sollen. Bei beiden Lohnformen stehen verschiedene Lohnsätze zur Auswahl. Neben Personaleinsatzentscheidungen sind des weiteren Entscheidungen über die Schulung, Einstellung, Freistellung und Entlassung von Arbeitskräften zu treffen.
4. Freigestellte Arbeitskräfte erhalten einen Grundlohn. Dieser ist bei Anforderungslöhnern abhängig von (bzw. bei Potentiallöhnern identisch mit) dem im Einsatzfall gewährten Lohnsatz.
5. Die Unternehmung verfügt zu Beginn des Planungszeitraums über eine gegebene Anfangsausstattung mit Personal, die lediglich durch Einstellungen, Entlassungen und Schulungen verändert werden kann. Schulungsmaßnahmen werden als stets erfolgreich, Fluktuation und Absentismus von Arbeitskräften als vernachlässigbar gering angenommen.
6. Der das Modell formulierende Entscheidungsträger ist risikoneutral und orientiert sich am Bernoulli-Prinzip. Er sieht diejenige Variablenkonstellation als optimal an, bei der der Erwartungswert der (unter Annahme 1 genannten) Personalkosten minimiert wird.

Zur Formulierung des Modells verwenden wir folgende Symbole:

Indices und Indexmengen:

$\overline{J} := \{j | j = 1,2,...,J;\ j \text{ ist ein Umweltzustand}\}$

$J_T := \{j | j \text{ ist ein Umweltzustand im letzten Entscheidungszeitpunkt}\}$

$J_j^* := \{j^* | j^* \text{ ist ein Vorgängerzustand von } j \in \overline{J} \text{ oder } j \text{ selbst}\}$

j^- := direkter Vorgänger von Zustand j

t_j := Zeitpunkt, zu dem Umweltzustand j eintritt[351]

$\overline{R} := \{r | r = 1,2,...,R;\ r \text{ ist eine Arbeitskräftekategorie}\}$

$\overline{Q} := \{q | q = 1,2,...,Q;\ q \text{ ist eine Tätigkeitskategorie}\}$

$\overline{G} := \{g | g = 1,2,...,G;\ g \text{ ist ein Potentiallohnsatz}\}$

$\overline{L} := \{l | l = 1,2,...,L;\ l \text{ ist ein Anforderungslohnsatz}\}$

$\overline{N} := \{n | n = 1,2,...,N;\ n \text{ ist ein Lohnsatz, der bei Nichteinsatz von Arbeitskräften}$

[351] Zur Erläuterung von t_j: Für das Beispiel des in *Abb. 16* dargestellten Zustandsbaumes (vgl. Abschnitt C.2.2.2., S. 79) gilt t_1=1, t_2= t_3=2 sowie t_4= t_5= t_6= t_7=3

gezahlt werden kann}

$N_l := \{n|$Lohnsatz n kann für freigestellte Arbeitskräfte gezahlt werden, die im Einsatzfall Lohnsatz l erhalten$\}$

$L_q := \{l|$Anforderungslohnsatz l kann für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q gezahlt werden$\}$

$Q_l := \{q|$ für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q kann der Anforderungslohnsatz l gezahlt werden$\}$

$G_r := \{g|$Potentiallohnsatz g kann Arbeitskräften der Art r gezahlt werden$\}$

$L_r := \{l|$Anforderungslohnsatz l kann Arbeitskräften der Art r gezahlt werden$\}$

$R_l := \{r|$ Arbeitskräfte der Art r können den Anforderungslohnsatz l erhalten$\}$

$R_g := \{r|$ Arbeitskräfte der Art r können den Potentiallohnsatz g erhalten$\}$

$R_q := \{r|$Arbeitskräfte der Art r sind geeignet zur Erledigung von Tätigkeiten der Art $q\}$

$Q_r := \{q|$Zur Erledigung von Tätigkeiten der Art q können Arbeitskräfte der Art r herangezogen werden$\}$

$R_r^* := \{r^*|r^*$ ist eine Zielqualifikation, die von r aus erreicht werden kann$\}$

$R_r^{'} := \{r'|r'$ ist eine Basisqualifikation, von der aus r erreicht werden kann$\}$

Daten:

$w_{j|j^-}$:= (bedingte) Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Umweltzustandes j, falls vorher Zustand j^- eingetreten ist

$\hat{w}_j$:= (unbedingte) Eintrittswahrscheinlichkeit des Zustandes $j \in J_T$

GK_{qj}^{l} := im Zustand j gültige Ausprägung des Anforderungslohnsatzes $l \in L_q$

GK_{rj}^{g} := im Zustand j gültige Ausprägung des Potentiallohnsatzes $g \in G_r$

GK_j^n := im Zustand j gültige Ausprägung des Lohnsatzes $n \in N_l$

HK_{rj} := Rekrutierungskostensatz, der für eine im Zustand j einzustellende Arbeitskraft der Art r anfällt

FK_{rj} := Entlassungskostensatz, der für eine im Zustand j zu entlassende Arbeitskraft der Art r anfällt

SK^{lj}_{r,r^*} := Schulungskostensatz, der für eine im Zustand j von r nach r^* zu schulende Arbeitskraft der Art $r \in R_l$ anfällt

SK^{gj}_{r,r^*} := Schulungskostensatz, der für eine im Zustand j von r nach r^* zu schulende Arbeitskraft der Art $r \in R_g$ anfällt

$\overline{PB}_{qj}$:= Personalbedarf für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q im im Zustand j

τ_{r,r^*} := Dauer eines Schulungsganges von r nach r^*

PA^{g0}_r := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art $r \in R_g$

PA^{l0}_r := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art $r \in R_l$

$\overline{HS}^{gj}_r$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_g$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art geschult werden

$\overline{H}^{gj}_r$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_g$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art nicht geschult werden

$\overline{HS}^{lj}_r$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_l$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art geschult werden

$\overline{H}^{lj}_r$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_l$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art nicht geschult werden

$\overline{S}^{g,j,tj}_{r,r^*}$:= Obergrenze für die Schulung von Arbeitskräften der Art $r \in R_g$, die im Zustand j ein Schulungsgang von r nach r^* beginnen können

$\overline{S}^{l,j,tj}_{r,r^*}$:= Obergrenze für die Schulung von Arbeitskräften der Art $r \in R_l$, die im Zustand j ein Schulungsgang von r nach r^* beginnen können

M := eine (hinreichend) große positive Zahl

Entscheidungsvariable:

PA^{gj}_r := Ausstattung mit Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j den Potentiallohnsatz g erhalten

PA_r^{lj} := Ausstattung mit Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j den Anforderungslohnsatz l erhalten

h_r^{gj} := Anzahl der im Zustand j einzustellenden Arbeitskräfte der Art r, die den Potentiallohnsatz g erhalten

h_r^{lj} := Anzahl der im Zustand j einzustellenden Arbeitskräfte der Art r, die den Anforderungslohnsatz l erhalten

f_r^{gj} := Anzahl der im Zustand j zu entlassenden Arbeitskräfte der Art r, die den Potentiallohnsatz g erhalten

f_r^{lj} := Anzahl der im Zustand j zu entlassenden Arbeitskräfte der Art r, die den Anforderungslohnsatz l erhalten

PE_{rq}^{lj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q eingesetzt werden und den Anforderungslohnsatz l erhalten

PE_{rq}^{gj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q eingesetzt werden und den Potentiallohnsatz g erhalten

PEN_r^{lj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j freigestellt werden und im Einsatzfall den Anforderungslohnsatz l erhalten würden

S_{r,r^*}^{l,j,t_j} := Anzahl der im (Zeitpunkt t_j eintretenden) Zustand j eine Schulung von r nach r^* beginnenden Arbeitskräfte, die den Anforderungslohnsatz l erhalten

S_{r,r^*}^{g,j,t_j} := Anzahl der im (Zeitpunkt t_j eintretenden) Zustand j eine Schulung von r nach r^* beginnenden Arbeitskräfte, die den Potentiallohnsatz g erhalten

$z'_{rgj}, z^*_{rlj}, z_{rg^*j}, \hat{z}_{rl^*j}, z_r$:= (binäre) Hilfvariable

Bevor wir das strategische Planungsmodell formulieren wollen wir zum besseren Verständnis der Ausführungen kurz auf die diversen Lohnsatzspektren eingehen. Während die Menge der Potentiallohnsätze $(\overline{G})$ direkt mit der Menge der Arbeitskräftekategorien $(\overline{R})$ „verbunden" ist $(G_r$ bzw. $R_g)$, erhält man die arbeitskräftebezogenen Spektren der Anforderungslohnsätze (L_r) wie folgt: Ausgangspunkt ist die Vorstellung, daß für die Tätigkeitsarten q jeweils diverse Lohnsätze l gewährt werden können. Dies konkretisiert sich in den Indexmengen L_q bzw. Q_l. Daneben sind die

Bereitstellungs- und Verwendungsspektren (R_q und Q_r) anzugeben. Über die Verbindung der vier zuletzt genannten Indexmengen gelangt man dann zu den Spektren L_r bzw. R_l (s. a. das in *Abb. 36* angegebene Beispiel).

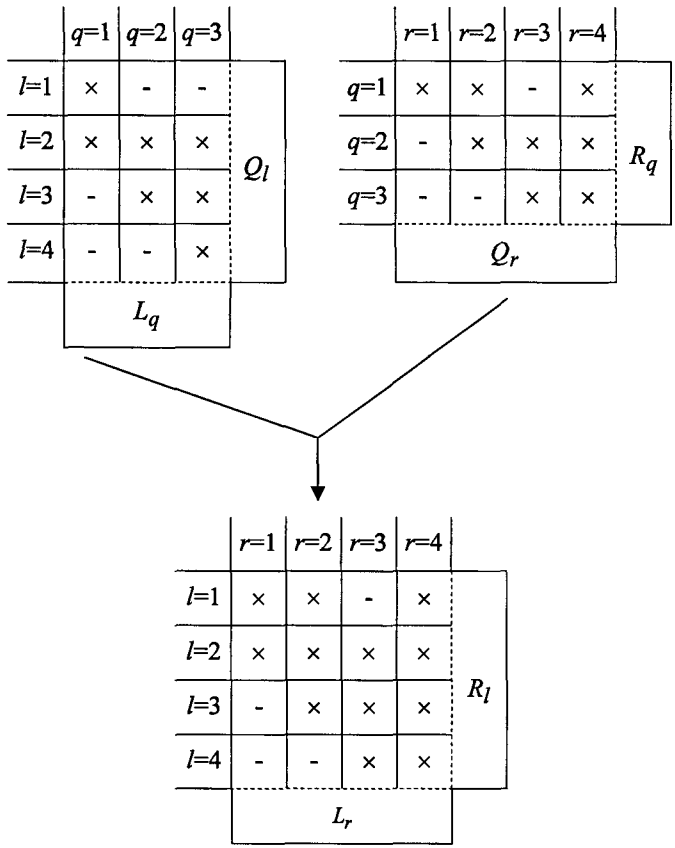


Abb. 36: Beispiel für die Indexmengen L_q, Q_l, R_q, Q_r, L_r und R_l[352]

Das gesuchte gemischt-ganzzahlige Programm lautet wie folgt:

[352] „×" (bzw. „–") bedeutet: Zuordnung ist möglich (bzw. nicht möglich)

Zielfunktion:

$$(Z.1)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}}\Bigg[\sum_{q\in Q_r}\sum_{l\in L_q}GK^{l}_{qj^*}\cdot PE^{lj^*}_{rq}+$$

$$+\sum_{g\in G_r}\left(GK^{g}_{rj^*}\cdot PA^{gj^*}_{r}+HK_{rj^*}\cdot h^{gj^*}_{r}+FK_{rj^*}\cdot f^{gj^*}_{r}\right)+$$

$$+\sum_{l\in L_r}\left(HK_{rj^*}\cdot h^{lj^*}_{r}+FK_{rj^*}\cdot f^{lj^*}_{r}+\sum_{n\in N_l}GK^{n}_{j^*}\cdot PEN^{lj^*}_{r}\right)+$$

$$+\sum_{r^*\in R_r^*}\left(\sum_{l\in L_r}SK^{lj^*}_{r,r^*}\cdot S^{l,j^*,tj^*}_{r,r^*}+\sum_{g\in G_r}SK^{gj^*}_{r,r^*}\cdot S^{g,j^*,tj^*}_{r,r^*}\right)\Bigg]\rightarrow \min!$$

[Minimiere den Erwartungswert der Lohn-, Schulungs, Einstellungs- und Entlassungskosten!]

$$\text{mit } \hat{w}_j=\prod_{j^*\in J_j^*}w_{j^*|j^*-}\quad \forall j\in J_T\ \wedge\ \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j=1$$

[Die Wahrscheinlichkeit einer Zustandsfolge $(\hat{w}_j)$ ergibt sich aus dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten.]

Restriktionen:

(R.1) Abstimmung von Personalbedarf und Personaleinsatz:

$$\overline{PB}_{qj}=\sum_{r\in R_q}\left(\sum_{l\in L_q}PE^{lj}_{rq}+\sum_{g\in G_r}PE^{gj}_{rq}\right)\quad \forall j\in\bar{J},q\in\bar{Q}$$

[Die tätigkeitsbezogenen Personalbedarfe sind in jedem Umweltzustand durch den Einsatz geeigneter Arbeitskräfte, die Anforderungs- oder Potentiallohn erhalten, exakt zu decken.]

(R.2a) Abstimmung von Personaleinsatz und Personalausstattung für Potentiallohnbezieher:

$$\sum_{q\in Q_r}PE^{gj}_{rq}+\sum_{r^*\in R_r^*}\sum_{t_j'=t_j-\tau_{r,r^*}+1}^{t_j}S^{g,j,t_j'}_{r,r^*}\le PA^{gj}_{r}\quad \forall j\in\bar{J},r\in\bar{R},g\in G_r$$

[Es können nicht mehr (Potentiallohn erhaltende) Arbeitskräfte eingesetzt werden als zur Verfügung stehen. Als Einsatzalternativen kommen der Einsatz im

Leistungs- sowie im Schulungsprozeß in Betracht. Es befinden sich diejenigen Arbeitskräfte „aktuell" im Schulungsprozeß, die zwischen Periode $t_j - \tau_{r,r^*} + 1$ und Periode t_j einen Qualifizierungsgang begonnen haben.]

(R.2b Abstimmung von Personaleinsatz und Personalausstattung für Anforderungslohnbezieher:

$$\sum_{q \in Q_r \cap Q_l} PE_{rq}^{lj} + \sum_{r^* \in R_r^*} \sum_{t'_j = t_j - \tau_{r,r^*} + 1}^{t_j} S_{r,r^*}^{l,j,t'_j} + PEN_r^{lj} = PA_r^{lj}$$

$$\forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l \in L_r$$

[Alle Anforderungslohn erhaltenden Arbeitskräfte werden entweder im Leistungs- bzw. im Schulungsprozeß eingesetzt oder freigestellt $\left(PEN_r^{lj}\right)$.]

(R.3a) Fortschreibung der Ausstattung mit Potentiallohn erhaltenden Arbeitskräften:

$$PA_r^{gj} = PA_r^{gj-} + h_r^{gj} - f_r^{gj} + \sum_{r' \in R_r'} S_{r',r}^{g,j,t_j - \tau_{r',r}} - \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t_j - \tau_{r,r^*}}$$

$$\text{mit } PA_r^{g0} \equiv \text{Datum} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g \in G_r$$

[Die Ausstattung mit Potentiallohn erhaltenden Arbeitskräften in einem Umweltzustand ergibt sich aus der Personalausstattung im Vorgängerzustand zuzüglich der aktuellen Zugänge aus Einstellungen und Schulungen $\left(\sum_{r' \in R_r'} S_{r',r}^{g,j,t_j - \tau_{r',r}}\right)$ und abzüglich der aktuellen Abgänge aus Entlassungen sowie Schulungen $\left(\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t_j - \tau_{r,r^*}}\right)$. Zu- bzw. Abgänge aus Schulungsmaßnahmen realisieren sich im Umweltzustand j, wenn diese vor $t_j - \tau_{r',r}$ bzw. $t_j - \tau_{r,r^*}$ Perioden begonnen wurden.]

(R.3b) Fortschreibung der Ausstattung mit Anforderungslohn erhaltenden Arbeitskräften:

$$PA_r^{lj} = PA_r^{lj-} + h_r^{lj} - f_r^{lj} + \sum_{r' \in R_r'} S_{r',r}^{l,j,t_j - \tau_{r',r}} - \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t_j - \tau_{r,r^*}}$$

$$\text{mit } PA_r^{l0} \equiv \text{Datum} \qquad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l \in L_r$$

[S. die Erläuterung zu (R.3a).]

(R.4a)-(R.4c) Restriktionen zur Bestimmung der Rekrutierungspotentiale für Potentiallohn erhaltende Arbeitskräfte:

$$(R.4a) \qquad \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t\,j} \leq z'_{rgj} \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g \in G_r$$

[Wenn Arbeitskräfte der Art r, die Potentiallohn erhalten, geschult werden sollen $\left(\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t\,j} > 0 \right)$, muß z'_{rgj} den Wert 1 annehmen].

$$(R.4b) \qquad \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t\,j} \geq z'_{rgj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g \in G_r$$

[Wenn z'_{rgj} den Wert 1 annimmt, müssen auch entsprechende Schulungen durchgeführt werden. Nimmt z'_{rgj} hingegen den Wert 0 an, dann sind i.V.m. (R.4a) Schulungen ausgeschlossen $\left(\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t\,j} = 0 \right)$.]

$$(R.4c) \; h_r^{gj} \leq z'_{rgj} \cdot \overline{HS}_r^{gj} + \left(1 - z'_{rgj}\right) \cdot \overline{H}_r^{gj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g \in G_r$$

[Sofern im Umweltzustand j Schulungsmaßnahmen realisiert werden $\left(z'_{rgj} = 1\right)$, gelten die Rekrutierungspotentiale $\overline{HS}_r^{gj}$ und andernfalls $\left(z'_{rgj} = 0\right)$ die Einstellungsobergrenzen $\overline{H}_r^{gj}$.]

(R.5a)-(R.5c) Restriktionen zur Bestimmung der Rekrutierungspotentiale für Anforderungslohn erhaltende Arbeitskräfte:

$$(R.5a) \qquad \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t\,j} \leq z_{rlj}^* \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l \in L_r$$

[S. die Erläuterung zu (R.4a).]

$$(R.5b) \qquad \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t\,j} \geq z_{rlj}^* \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l \in L_r$$

[S. die Erläuterung zu (R.4b).]

(R.5c) $h_r^{lj} \le z_{rlj}^* \cdot \overline{HS}_r^{lj} + \left(1 - z_{rlj}^*\right) \cdot \overline{H}_r^{lj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l \in L_r$

[S. die Erläuterung zu (R.4c).]

(R.6a)-(R.6b) Ausschlußbedingungen für die Potentiallohnsätze:

(R.6a) $PA_r^{g^* j} \le z_{rg^* j} \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g^* \in G_r$

[Wenn Arbeitskräfte der Art r den Potentiallohnsatz g^* erhalten sollen $\left(PA_r^{g^* j} > 0\right)$, muß $z_{rg^* j}$ den Wert 1 (und ansonsten den Wert 0) annehmen.]

(R.6b) $$\sum_{g \in G_r \setminus \{g^*\}} PA_r^{gj} \le \left(1 - z_{rg^* j}\right) \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g^* \in G_r$$

[Jede Arbeitskräftekategorie kann – sofern überhaupt Potentiallohn gezahlt wird – nur nach einem Potentiallohnsatz entlohnt werden. Wenn Arbeitskräfte der Art r den Potentiallohnsatz g^* erhalten sollen $\left(PA_r^{g^* j} > 0 \wedge z_{rg^* j} = 1\right)$, dann wird $\sum_{g \in G_r \setminus \{g^*\}} PA_r^{gj} = 0$.]

(R.7a)-(R.7b) Ausschlußbedingungen für die Anforderungslohnsätze:

(R.7a) $PA_r^{l^* j} \le \hat{z}_{rl^* j} \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l^* \in L_r$

[S. die Erläuterung zu (R.6a).]

(R.7b) $$\sum_{l \in L_r \setminus \{l^*\}} PA_r^{lj} \le \left(1 - \hat{z}_{rl^* j}\right) \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l^* \in L_r$$

[S. die Erläuterung zu (R.6b).]

(R.8a)-(R.8b) Ausschlußbedingungen für die Lohnformen:

(R.8a) $$\sum_{g \in G_r} PA_r^{gj} \le z_r \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

[Wenn Arbeitskräfte der Art r Potentiallohn erhalten sollen $\left(\sum_{g \in G_r} PA_r^{gj} > 0\right)$, muß z_r den Wert 1 annehmen.]

(R.8b) $$\sum_{q \in Q_r} \sum_{l \in L_q} PE_{rq}^{lj} \le \left(1 - z_r\right) \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

[Arbeitskräfte der Art r erhalten entweder ausschließlich Potentiallohn $\left(z_r = 1 \wedge \sum_{q \in Q_r} \sum_{l \in L_q} PE_{rq}^{lj} = 0 \right)$ oder ausschließlich Anforderungslohn $\left(z_r = 0 \wedge \sum_{q \in Q_r} \sum_{l \in L_q} PE_{rq}^{lj} > 0 \right)$.]

(R.9a)-(R.9b) Obergrenzen für Schulungsmaßnahmen:

(R.9a) $$\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t_j} \leq \overline{S}_{r,r^*}^{g,j,t_j} \quad \forall j \in \overline{J}, r \in \overline{R}, g \in G_r$$

[Es können maximal $\overline{S}_{r,r^*}^{g,j,t_j}$ Arbeitskräfte, die Potentiallohn erhalten, geschult werden.]

(R.9b) $$\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t_j} \leq \overline{S}_{r,r^*}^{l,j,t_j} \quad \forall j \in \overline{J}, r \in \overline{R}, g \in G_r$$

[Es können maximal $\overline{S}_{r,r^*}^{l,j,t_j}$ Arbeitskräfte, die Anforderungslohn erhalten, geschult werden.]

(R.10) Nichtnegativitätsbedingungen:

$$PA_r^{lj}, PA_r^{gj}, h_r^{gj}, f_r^{gj}, h_r^{lj}, f_r^{lj} \geq 0 \quad \forall \text{ rel. } j,r,q,l,g$$

$$PEN_r^{lj}, S_{r,r^*}^{l,j,t_j}, S_{r,r^*}^{g,j,t_j}, PE_{rq}^{gj}, PE_{rq}^{lj} \geq 0 \quad \forall \text{ rel. } j,r,r^*,q,l,g$$

(R.11) Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingungen für die Hilfsvariablen:

$$z'_{rgj}, z^*_{rlj}, z_{rg^*j}, \hat{z}_{rl^*j}, z_r \in \{0,1\} \quad \forall \text{ rel. } j,r,g,g^*,l^*$$

2.3. Modellkritik

Das Grundmodell der Planung von Personalstrategien zur Ausnutzung von Arbeitsmarktchancen ist bewußt einfach gehalten, und zwar z.B. dadurch, daß die relevanten Szenarien auf der Basis scharfer Daten in Ansatz gebracht und die erforderlichen Wahrscheinlichkeitsurteile als exakt angenommen werden (Annahme 1). In vielen Fällen wird man jedoch nicht in der Lage sein, (z.B.) die Rekrutierungspotentiale bei alternativen Lohnsätzen in der Form einwertiger Größen anzugeben. Durch die Berücksichtigung unscharfer Rekrutierungspotentiale, Personalkosten und –bedarfe so-

wie inexakter Wahrscheinlichkeiten läßt sich der Realitätsgehalt des Modells steigern.[353]

Darüber hinaus wird die Mitarbeiterfluktuation als vernachlässigbar gering unterstellt (Annahme 5). Im Modell werden zwar die Wechselwirkungen zwischen Lohnsätzen bzw. Schulungsangeboten einerseits und Rekrutierungsobergrenzen andererseits erfaßt. Mitarbeiter werden jedoch auch möglicherweise den Betrieb verlassen, wenn Personalentwicklungsmaßnahmen unterbleiben oder Gehälter nicht in der von ihnen gewünschten Höhe gezahlt werden. Gerade im strategischen Kontext kann es sich somit als sinnvoll erweisen, Fluktuationseffekte zu berücksichtigen, um eine differenzierte Erfassung der Reputation des Betriebes am Arbeitsmarkt zu ermöglichen.

Zusätzliche Erweiterungsmöglichkeiten bestehen z.B. in der Betrachtung alternativer Schulungsgänge für die Qualifizierung von r nach r^*[354], in der Analyse von Versetzungs- und Beförderungsmöglichkeiten sowie deren Wirkungen etc. Bei all diesen Möglichkeiten ist jedoch – gerade wegen der Ausschlußbedingungen*(R.4)–(R.8)*, den mit ihnen verbundenen Ganzzahligkeitsforderungen*(R.11)* und den resultierenden lösungsprozeduralen Problemen - darauf zu achten, daß die Modellgröße in einem „angemessenen" Rahmen bleibt. In diesem Zusammenhang muß die Planungsinstanz (Meta-) Entscheidungen daüber treffen, wieviele Aspekte in das Modell einbezogen werden sollen und auf welchem Wege Reduzierungseffekte (z.B. durch ein relativ geringes Maß an Differenzierung der verschiedenen Indexmengen) erzielt werden können.

3. Strategien zur Ausschöpfung von Personalpotentialitäten

3.1. Vorbemerkung

Wie bereits oben angedeutet, bilden die qualifikatorischen Möglichkeiten der Arbeitskräfte den Ausgangspunkt der Formulierung von Strategien zur Ausschöpfung von Personalpotentialitäten. Wir werden im folgenden die offensive Variante solcher (Personalentfaltungs-)Strategien fokussieren, die dadurch charakterisiert ist, daß die in der Personalausstattung zwar bereits vorhandenen, bisher jedoch ungenutzen Möglichkeiten durch Personalschulung und anschließende Reformulierung des Produktionsprogramms ausgeschöpft werden.

Wir thematisieren damit Personalstrategien, die auch in der Wirtschaftspraxis an Bedeutung gewinnen, wie das folgende Zitat zeigt. „Das Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW) führte 1996 eine Befragung von Unternehmen zu ihren Erfahrungen mit Personalumstrukturierungen durch [...]. Der wichtigste Befund lautet: Längst nicht jede Firma, die in eine wirtschaftliche Notlage geraten ist und Personal abbauen

[353] Vgl. Spengler (1994).
[354] Vgl. Kossbiel (1991).

muß, greift gleich zur Kündigung. Vielmehr setzen die Unternehmen auf ein ganzes Bündel von Instrumenten [...]. Bereits 22,3 % der Unternehmen suchen nach neuen Strategien bei Personalumstrukturierungen. 86 % dieser Unternehmen nennen die Qualifizierung [...] als wichtigste Anpassungsart."[355]

3.2. Grundmodelle

3.2.1. Modell I: Exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil, scharfe Daten

3.2.1.1. Modellformulierung

Das im folgenden zu konstruierende Modell I geht von einer bewußt einfach gehaltenen Problemstellung aus, die wir anschließend sukzessive erweitern werden. Es handelt sich dabei um ein auf dem Prinzip der flexiblen Planung beruhendes Entscheidungsmodell zur Bestimmung des optimalen Produktionsprogramms und der optimalen Personalausstattung, und zwar für einen mehrperiodigen Planungszeitraum. Das Modell gehört somit zur Klasse der simultane Produktions- und Personalplanungsansätze.[356] Das Modell beruht auf folgenden Annahmen:

1. Um keine Investitionsplanung betreiben zu müssen, wird eine jederzeit ausreichende Produktionskapazität unterstellt.
2. Da produzierte Güter unmittelbar nach ihrer Erzeugung verkauft werden, sind Probleme der Lagerhaltung ausgeschlossen.
3. Außer der stochastischen Nachfrageentwicklung, über die sich der Entscheidungsträger ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil bilden kann, werden alle Daten als deterministisch angenommen.
4. Die Unternehmung verfügt zu Beginn der ersten Periode über eine gegebene Anfangsausstattung mit Personal. Diese kann während des Planungszeitraums lediglich durch die Schulung von Arbeitskräften verändert werden, die immer erfolgreich ist und jeweils eine Periode beansprucht. Außerdem gehen wir davon aus, daß Fluktuation und Absentismus von Arbeitskräften vernachlässigbar gering sind.
5. Der das Modell formulierende Entscheidungsträger ist risikoneutral und orientiert sich am Bernoulli-Prinzip. Er sieht diejenige Variablenkonstellation als optimal an, bei der der Erwartungswert des Nettoerfolges maximiert wird.

Zur Formulierung des Modells verwenden wir (zusätzlich zu den bereits definierten) die folgenden Symbole:

---

[355] Hemmer (1997, S. 280).

[356] Vgl. zu allgemeinen Modellen dieses Typs z.B. Jarr (1974), Kossbiel (1970, S. 49 ff.) sowie Kossbiel (1988, S. 1129 ff.).

Indices und Indexmengen:

$\overline{K} := \{k | k = 1,2,...,K; k \text{ ist eine Produktart}\}$

$K_q := \{k |$ Güter der Art k, bei deren Produktion Tätigkeiten der Art q zu erledigen sind$\}$

Daten:

a_{qk} := Personalbedarfskoeffizient [benötigte Arbeitskräfteperioden für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q bei Erzeugung einer Einheit eines Gutes der Art k]

DB_{kj} := im Zustand j pro erzeugter Einheit eines Gutes der Art k erzielbarer Deckungsbeitrag

GK_{rj} := im Zustand j pro Arbeitskraft der Art r zu zahlender Gehaltskostensatz

$SK_{r,r^*,j}$:= Schulungskostensatz, der für eine im Zustand j von r nach r^* zu schulende Arbeitskraft anfällt

$\overline{X}_{kj}^{\max}$:= Anzahl der im Zustand j nachgefragten Güter der Art k

PA_{r0} := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art r

Entscheidungsvariable:

PA_{rj} := Ausstattung mit Arbeitskräften der Art r im Zustand j

x_{kj} := Anzahl der im Zustand j herzustellenden Güter der Art k

$S_{r,r^*,j}$:= Anzahl der im Zustand j von r nach r^* zu schulenden Arbeitskräfte

NE_j := Nettoerfolg, der bei der zu Zustand $j \in J_T$ führenden Zustandsfolge erzielt wird

Mit diesen Symbolen besitzt das gesuchte *Modell I* folgende Gestalt:

Zielfunktion:

(Z.2) $\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot NE_j \rightarrow \max!$

[Maximiere den Erwartungswert des Nettoerfolges!][357]

[357] Es gilt selbstverständlich wiederum: $\hat{w}_j = \prod_{j^* \in J_j^*} w_{j^*|j^*\_} \quad \forall j \in J_T \wedge \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j = 1$

Restriktionen:

(R.12) Abstimmung von Personalbedarf und Personalausstattung:

$$\sum_{q\in\hat{Q}}\sum_{k\in K_q} a_{qk}\cdot x_{kj} \le \sum_{r\in \bigcup_{q\in\hat{Q}} R_q}\left(PA_{rj} - \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*,j}\right) \qquad \forall j\in\bar{J},\hat{Q}\in\mathfrak{P}(\bar{Q})\setminus\{\varnothing\}$$

[Jeder Teilpersonalbedarf und jede Kombination von Teilpersonalbedarfen (linke Seite der Ungleichung) muß durch die Bereitstellung einschlägig qualifizierten Personals (rechte Seite der Ungleichung) gedeckt werden. Der Ausdruck $\sum_{k\in K_q} a_{qk}\cdot x_{kj}$ repräsentiert den Bedarf an Arbeitskräften zur Erledigung von Tätigkeiten der Art q. $\sum_{r\in \bigcup_{q\in\hat{Q}} R_q} PA_{rj}$ stellt die Anzahl nominell bereitstellbarer Arbeitskräfte und $\sum_{r\in \bigcup_{q\in\hat{Q}} R_q}\sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*,j}$ stellt die Anzahl der in Schulung befindlichen Arbeitskräfte dar. Die Differenz dieser beiden Ausdrücke ergibt die Anzahl der effektiv bereitstellbaren Arbeitskräfte.]

(R.13) Fortschreibung der Personalausstattung:

$$PA_{rj} = PA_{rj^-} + \sum_{r'\in R_r'} S_{r',r,j^-} - \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*,j^-}$$

$$\text{mit } PA_{r0} \equiv \text{Datum} \quad \forall j\in\bar{J}, r\in\bar{R}$$

[Die Personalausstattung im betrachteten Umweltzustand ergibt sich aus der Personalausstattung im Vorgängerzustand zuzüglich aller Zugänge und abzüglich aller Abgänge aus Schulung (jeweils im Vorgängerzustand).]

(R.14) Absatzrestriktion:

$$x_{kj} \le \bar{X}_{kj}^{\max} \quad \forall k\in\bar{K}, j\in\bar{J}$$

[Die Produktionsmenge wird durch die Nachfragemenge beschränkt.]

(R.15) Nettoerfolgsdefinition:

$$NE_j = \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \overline{K}} DB_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \overline{R}} \left(GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} + \sum_{r^* \in R_r^*} SK_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right) \right] \quad \forall j \in J_T$$

[Der Nettoerfolg einer Zustandsfolge ergibt sich aus dem Gesamtdeckungsbeitrag dieser Folge abzüglich der erforderlichen Gehalts- und Schulungskosten.]

(R.16a)-(R.16c) Nichtnegativitätsbedingungen für alle Variablen:

(R.16a) $x_{kj} \geq 0 \quad \forall k \in \overline{K}, j \in \overline{J}$

(R.16b) $PA_{rj} \geq 0 \quad \forall r \in \overline{R}, j \in \overline{J}$

(R.16c) $NE_j \geq 0 \quad \forall j \in \overline{J}$

3.2.1.2. Beispiel

Zur exemplarischen Verdeutlichung dieses Ansatzes betrachten wir folgendes Beispiel für einen drei Perioden umfassenden Planungszeitraum, in dem Produkte der Art k=1 und/oder der Art k=2 hergestellt werden sollen: Während die Nachfrage für die erste Periode dem Entscheidungsträger bekannt ist, rechnet er für die beiden Folgeperioden jeweils mit einer hohen oder einer geringen Nachfrage, so daß insgesamt sieben Umweltzustände berücksichtigt werden. Die prognostizierten Daten können dem Zustandsbaum in *Abb. 37* sowie *Tab. 13* entnommen werden.

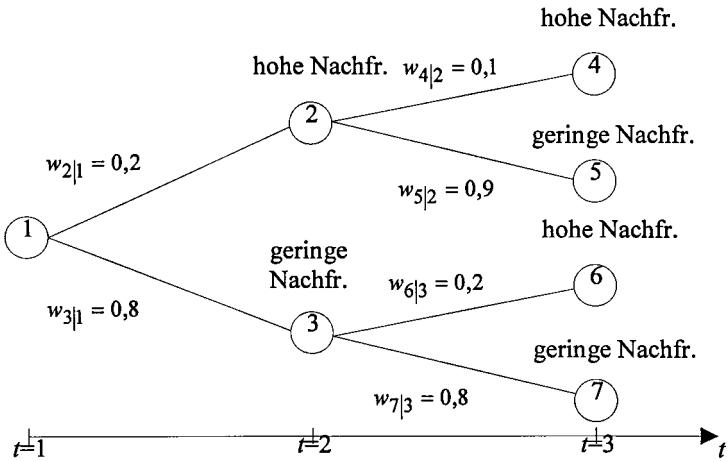


Abb. 37: Zustandsbaum

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	
k=1	30	50	40	60	40	60	40	$\overline{X}^{max}_{kj}$
k=2	20	40	10	60	20	60	20	

Tab. 13: Nachfragemengen

Zur Herstellung der beiden Produkttypen sind insgesamt drei Tätigkeitsarten auszuführen, und zwar die Tätigkeitsarten q=1 und q=2 bei der Erzeugung der ersten sowie q=1 und q=3 bei der Fertigung der zweiten Produktart. In *Tab. 14* sind neben den entsprechenden Arbeitskoeffizienten auch die erzielbaren Deckungsbeiträge eingetragen. Zur Durchführung der drei Tätigkeitarten kommen insgesamt vier Arbeitskräftekategorien in Betracht. *Tab. 15* enthält die jeweiligen Bereitstellungs- bzw. Verwendungsmöglichkeiten von Personal, die qualifikationsabhängigen Lohnsätze sowie Angaben zur Anfangsausstattung mit Arbeitskräften.

	k=1	k=2	
q=1	2	3	a_{qk}
q=2	3	-	
q=3	-	2	
DB_k	1.000	4.000	

Tab. 14: Arbeitskoeffizienten und Deckungsbeiträge

	r=1	r=2	r=3	r=4
q=1	×	×	×	×
q=2	-	×	-	×
q=3	-	-	×	×
GK_r	100	100	200	200
$\overline{PA}_{r1}$	100	100	30	20

Tab. 15: Bereitstellungsspektren[358], Gehaltskosten und Anfangsausstattung mit Personal

Es können nur Arbeitskräfte der Art r=1 geschult werden, und zwar zu den Kategorien r=2 und r=3. Jeder Schulungsgang verursacht Kosten in Höhe von einer Geldeinheit (GE).

In *Abb. 38* sind der Zustandsbaum (mit Angaben über die Nachfragemengen[359]) sowie die auf dieser Datenbasis ermittelte Optimallösung von *Modell I* bezüglich der Produktions- (x_{kj}) und Schulungsvariablen ($S_{r,r^*,j}$) sowie der entsprechenden Nettoerfolge für die einzelnen Zustandsfolgen (NE_j; Angaben in TSD) dargestellt.[360] Auf die Angabe der Personalausstattungen wird aus Platzgründen verzichtet. Das Modell empfiehlt, die Ausprägungen der Produktions- und Schulungsvariablen nur für die erste Periode eindeutig festzulegen und in den Perioden t=2 und t=3 die Variablenausprägungen in Abhängigkeit vom dann jeweils eintretenden Umweltzustand zu gestalten.[361] Dieses Vorgehen führt im Optimum zu einem Erwartungswert des Nettoerfolges in Höhe von 264.770 GE.

Des weiteren ist (nicht zuletzt) aus der Modellösung ersichtlich, daß man sinnvollerweise in allen Teilperioden möglichst viele Einheiten von Produktart 2 erzeugt, da mit

[358] „×" (bzw. „-") bedeutet: Zuordnung von Arbeitskräften der betrachteten Spalte zu Tätigkeiten der betrachteten Zeile (nicht) möglich.

[359] Die Angaben zu den Nachfragemengen befinden sich unter den Zustandsknoten, und zwar in der Form $\overline{X}_{1j}^{\max} / \overline{X}_{2j}^{\max}$.

[360] Vgl. auch Anhang 2 (S. 209 ff.).

[361] Tritt z.B. im Zeitpunkt t=2 der Umweltzustand j=2 ein, dann werden 6 Einheiten des ersten und 40 Einheiten des zweiten Gutes produziert. Stellt man aber fest, daß sich Zustand j=3 realisiert, dann ist es aufgrund der geringeren Nachfrage optimal, 36 Einheiten des ersten und 10 Einheiten des zweiten Gutes zu erzeugen.

dem Verkauf dieser Produkte ein (wesentlich) höherer Deckungsbeitrag erzielt werden kann. Bei der Produktion von Gütern der Art k=2 sind Tätigkeiten der Art q=3 auszuführen, die nur von Arbeitskräften der Kategorien r=3 und r=4 erledigt werden können. Da Schulungsgänge zur Kategorie r=4 nicht vorgesehen sind, wird man versuchen, möglichst viele Arbeitskräfte in die Qualifikationsgruppe r=3 weiterzubilden. Aufgrund der (oben gesetzten) Liquidationsprämisse werden Schulungsmaßnahmen jedoch nicht mehr in der dritten Periode durchgeführt, da ansonsten die korrespondierenden Personalinvestitionen verloren wären.

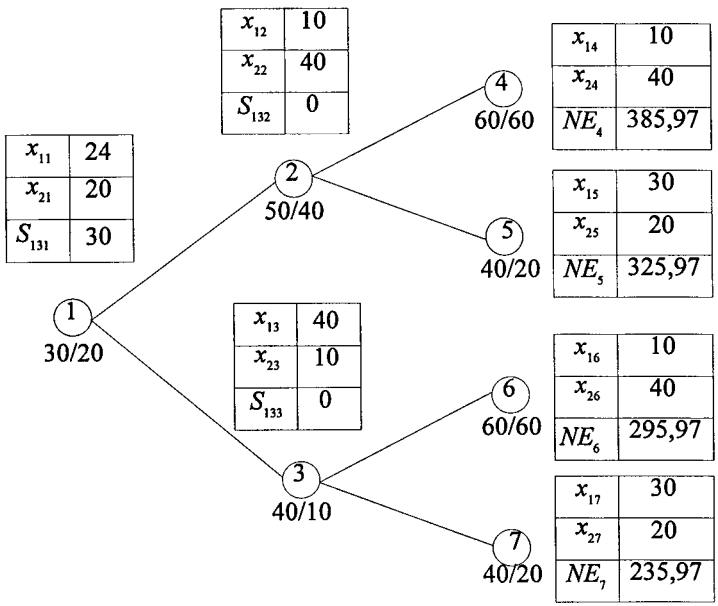


Abb. 38: Optimallösung

Wir wollen die Überlegungen zu *Modell I* mit einem Vergleich zwischen dem hier verfolgten Prinzip der flexiblen Planung und potentiellen Ergebnissen alternativer starrer Pläne abschließen. Starre Pläne sind – wie bereits bemerkt - dadurch gekennzeichnet, daß die zu wählende Aktionenfolge bereits zu Beginn des Planungszeitraums determiniert wird. Im obigen Beispiel kann unter vier alternativen starren Plänen *(A1-A4)* gewählt werden. Der Plan *A1* bestimmt die „optimale" Aktionsfolge unter der Annahme, daß die Zustandsfolge 1-2-4 und *A2* bestimmt die „optimale" Aktionsfolge unter der Bedingung, daß die Zustandsfolge 1-2-5 eintreten wird, während man bei *A3* hingegen von der Zustandsfolge 1-3-6 und bei *A4* von der Zustandsfolge 1-3-7 ausgeht. In *Tab. 16* sind die – für die o.a. Datenbasis - jeweils „optimalen"

Ausprägungen der Produktions- und Schulungsvariablen sowie die korrespondierenden Nettoerfolge (in TSD) angegeben:

A1	x_{11}	x_{21}	x_{12}	x_{22}	x_{14}	x_{24}	S_{131}	S_{132}	*NE*
	24	20	6	40	0	50	30	20	409,95
A2	x_{11}	x_{21}	x_{12}	x_{22}	x_{15}	x_{25}	S_{131}	S_{132}	*NE*
	24	20	10	40	30	20	30	0	325,97
A3	x_{11}	x_{21}	x_{13}	x_{23}	x_{16}	x_{26}	S_{131}	S_{133}	*NE*
	30	20	30	10	0	50	0	50	322,95
A4	x_{11}	x_{21}	x_{13}	x_{23}	x_{17}	x_{27}	S_{131}	S_{133}	*NE*
	30	20	40	10	30	20	0	0	248

Tab. 16: Variablenausprägungen und Nettoerfolge bei starrer Planung

Zur Auswahl eines dieser vier alternativen starren Pläne sind die jeweiligen Erwartungswerte der Nettoerfolge *(μ)* zu berechnen. Wir unterstellen, daß sich der Stückdeckungsbeitrag des Gutes k=1 (bzw. k=2) aus einem Erlössatz in Höhe von 1.500 GE (bzw. 6.000 GE) und einem Kostensatz in Höhe von 500 GE (bzw. 2.000 GE) zusammensetzt. In der Kopfzeile von *Tab. 17* sind die bedingten Wahrscheinlichkeiten der verschiedenen Zustandsfolgen, in deren Zentrum sind die Nettoerfolge der Aktionsfolgen *A1-A4* bei alternativen Umweltentwicklungen und in der rechten Randspalte sind die resultierenden Erfolgserwartungswerte ausgewiesen.

Entscheidet man sich z.B. für die Realisierung des starren Plans *A1*, dann ist bei Eintritt der Zustandsfolge 1-2-5 mit einem Nettoerfolg in Höhe von 229.950 GE, bei der Zustandsfolge 1-3-7 sogar nur in Höhe von 49.950 GE, zu rechnen. Diese Reduktion der Nettoerfolge ist wie folgt zu begründen: *A1* sieht vor, daß vom zweiten Gut (k=2) 40 Einheiten in Zeitpunkt t=2 und 50 Einheiten in Zeitpunkt t=3 produziert werden. Bei der zum Zustand j=5 (bzw. j=7) führenden Umweltentwicklung können jedoch von diesem Gut lediglich 20 Einheiten in Zeitpunkt t=3 (bzw. 10 Einheiten in Zeitpunkt t=2 und 20 Einheiten in Zeitpunkt t=3) abgesetzt werden. Dies führt gegenüber den bei Realisation der Zustandsfolge 1-2-4 erzielbaren 409.950 GE zu Erlösschmälerungen in Höhe von 30·6.000=180.000 GE (bzw. 60·6.000=360.000 GE).

In der Fußzeile von *Tab. 17* sind darüber hinaus die Nettoerfolge und der korrespondierende Erwartungswert der über *Modell I* ermittelten flexiblen Aktionsfolge *(Aflex)*

angegeben. Es ist unmittelbar ersichtlich, daß der flexible Plan die vier starren Pläne dominiert.

	0,02 1-2-4	0,18 1-2-5	0,16 1-3-6	0,64 1-3-7	μ
A1	409,95	229,95	229,95	49,95	118,35
A2	325,97	325,97	145,97	145,97	181,97
A3	322,95	142,95	322,95	142,95	175,35
A4	248	248	248	248	248
Aflex	385,97	325,97	295,97	235,97	264,77

Tab. 17: Nettoerfolge und Erwartungswerte bei starrer und flexibler Planung[362]

3.2.2. Modelle IIa und IIb: LPI-Bedingungen, scharfe Daten

3.2.2.1. Modellformulierung

Wir wollen nun den Prämissenkatalog zu *Modell I* in den Annahmen (3) und (5) variieren: Bezüglich des Wahrscheinlichkeitsurteils nehmen wir an, daß der Entscheidungsträger Intervallwahrscheinlichkeiten über die Umweltentwicklung formuliert, und bezüglich der Zielfunktion daß er sich am Max E_{min}-Prinzip *(Modell IIa)* bzw. am LPI-Laplace-Prinzip *(Modell IIb)* orientiert. Zusätzlich - zu den bereits (für die Formulierung von *Modell I*) eingeführten - werden folgende Symbole verwendet:

$[\underline{w}_{j|j^-}, \overline{w}_{j|j^-}]$:= Wahrscheinlichkeitsintervall für das Eintreten des Umweltzustandes j, falls vorher Zustand j^- eingetreten ist

$\overline{\Omega} := \{\omega | \omega = 1,2,\ldots,\Omega; \omega \text{ ist ein Extremalpunkt einer LPI}\}$

$\hat{w}_j^*$:= Laplace-Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Zustandes $j \in J_T$

$\hat{w}_{\omega j}$:= Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Zustandes $j \in J_T$ im Extremalpunkt $\omega \in \overline{\Omega}$

$\mathbf{M}(LPI)$:= Extremalpunktematrix einer Linearen Partiellen Information

[362] Angaben in TSD.

$\mathbf{M}^*(LPI)$:= Vektor der Laplace-Wahrscheinlichkeiten einer Linearen Partiellen Information

$\lambda^T = (1/\Omega \ \ldots \ 1/\Omega)$:= $(1 \times \Omega)$-dimensionaler Gewichtungsvektor zur Transformation von $\mathbf{M}(LPI)$ in $\mathbf{M}^*(LPI)$.

Das auf dem Max E_{min}-Prinzip basierende *Modell IIa* besitzt folgende Gestalt:

Zielfunktion:

(Z.3) $E_{\min} \rightarrow \max!$

[Maximiere den Erwartungswert des Mindest-Nettoerfolges!]

Restriktionen:

(R.12), (R.13), (R.14), (R.15), (R.16a)- (R.16c) sowie

(R.16d) Nichtnegativitätsbedingung für den Erwartungswert des Mindest-Nettoerfolges:

$$E_{\min} \geq 0$$

(R.17) Restriktionen zur Bestimmung des Mindest-Nettoerfolges:

$$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_{\omega j} \cdot NE_j \geq E_{\min} \quad \forall \omega \in \overline{\Omega}$$

[Der Erwartungswert des Mindest-Nettoerfolges ist nicht größer als der Erwartungswert in jedem Extremalpunkt]

(R.18a)-(R.18b) LPI-Bedingungen:

(R.18a) $\hat{w}_{\omega j} \in \mathbf{M}(LPI)$

(R.18b) $LPI\left(\begin{array}{c} \prod_{j^* \in J_j^*} \underline{w}_{j^*|j^*-} \leq \hat{w}_j \leq \prod_{j^* \in J_j^*} \overline{w}_{j^*|j^*-} \quad \forall j \in J_T \\ \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j = 1 \end{array} \right)$

[LPI-Bedingungen]

Demgegenüber ist der Restriktionenraum von *Modell IIb* im Vergleich zu *Modell I* bis auf die Zielfunktion und die (zusätzlichen) LPI-Bedingungen *(R18b)-(R18d)* unverändert. Es lautet:

Zielfunktion:

$$(Z.4) \quad \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j^* \cdot NE_j \rightarrow \max!$$

[Maximiere den Erwartungswert des „Durchschnitts"-Nettoerfolges!]

Restriktionen:

(R.12), (R.13), (R.14), (R.15), (R.16a)-(R.16c), (R.18b) sowie

(R.18c)-(R.18d) LPI- und LPI-Laplace Bedingungen:

$$(R18c) \quad \hat{w}_j^* \in \mathbf{M}^*(LPI)$$

$$(R18d) \quad \mathbf{M}^*(LPI) = \mathbf{M}(LPI) \cdot \lambda$$

3.2.2.2. Beispiel

Zur exemplarischen Verdeutlichung der Modelle IIa und IIb betrachten wir nochmals das bereits oben (s. Abschnitt D.3.2.1.2, S. 152 ff.) formulierte Beispiel, jedoch nicht mehr mit eindeutigen Wahrscheinlichkeitsangaben sondern auf der Basis von Intervallwahrscheinlichkeiten, die dem folgenden Zustandsbaum entnommen werden können.[363]

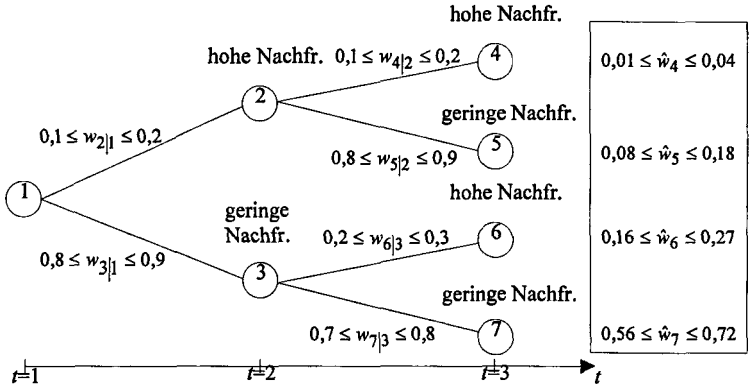


Abb. 39: Zustandsbaum mit Intervallwahrscheinlichkeiten

Sowohl die Anwendung von *Modell IIa*[364] als auch die Applikation von *Modell IIb*[365] führt zu einem (identischen) optimalen flexiblen Plan, der sich bezüglich der Maß-

[363] Die resultierende Matrix $\mathbf{M}(LPI)$ und der Vektor $\mathbf{M}^*(LPI)$ finden sich in Abschnitt D.3.2.4.2 (S. 174).

[364] Vgl. auch Anhang 3 (S. 214 ff.).

nahmen bzw. Nettoerfolge in den Umweltzuständen$j$=2, 4 und 5 von der (bei exakten Wahrscheinlichkeitsangaben) über *Modell I* bestimmten Aktionenfolge unterscheidet und der in *Abb. 40* veranschaulicht wird.[366]

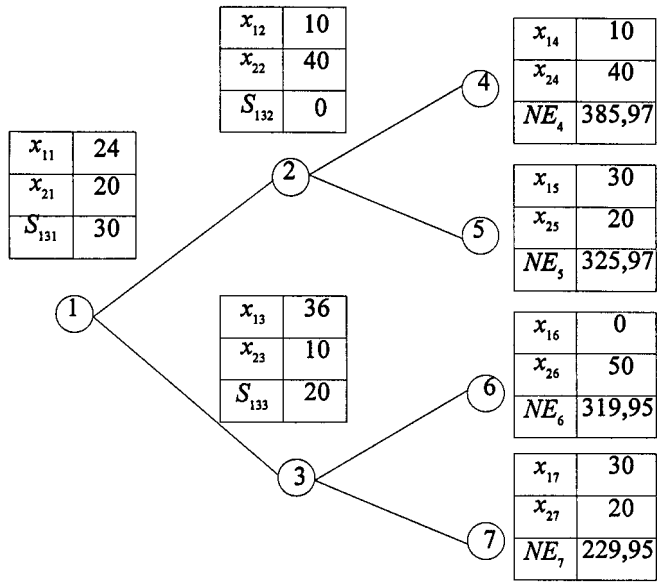


Abb. 40: Optimallösung der Modelle IIa und IIb

Der über *Modell IIa* ermittelte maximale Mindest-Nettoerfolg beträgt E_{min}=256.292 GE. Für den auf Basis von *Modell IIb* berechneten maximalen „Durchschnitts"-Nettoerfolg ergibt sich ein Betrag in Höhe von E_{Lap} =265.063 GE. Darüber hinaus zeigt sich, daß auch unter (den hier angegenommenen) LPI-Bedingungen das Ergebnis der auf flexibler Planung basierenden Modelle IIa und IIb die bei starrer Planung erzielbaren Ausprägungen der Zielkriterien dominiert *(s. Tab. 18)*.

[365] Vgl. auch Anhang 4 (S. 220 ff.).

[366] Angaben der Nettoerfolge wiederum in TSD.

	[0,01;0,04]	[0,08;0,18]	[0,16;0,27]	[0,56;0,72]		
	1-2-4	1-2-5	1-3-6	1-3-7	E_{min}	E_{Lap}
A1	409,95	229,95	229,95	49,95	102,15	119,85
A2	325,97	325,97	145,97	145,97	162,17	174
A3	322,95	142,95	322,95	142,95	173,55	185,55
A4	248	248	248	248	248	248
Aflex	385,97	325,97	319,95	229,95	256,29	265,06

Tab. 18: Nettoerfolge und Erwartungswerte von Mindest- und „Durchschnitts"-Nettoerfolgen bei starrer und flexibler Planung[367]

3.2.3. Modell III: Exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil, unscharfe Daten

3.2.3.1. Modellformulierung

Wir wollen nun die Annahmen unseres Grundmodells dahingehend ändern, daß der Entscheidungsträger sich zwar ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil über die entscheidungsrelevanten Datenkonstellationen bilden, die Ereignisse selbst jedoch lediglich in unscharfer Form beschreiben könne.[368] Dies bedeutet, daß die Nachfragemengen, die Deckungsbeitrags-, Gehaltskosten- und Schulungskostensätze sowie die Personalbedarfskoeffizienten als unscharfe Mengen formuliert werden. Des weiteren gehen wir nach wie vor davon aus, daß sich der Entscheidungsträger grundsätzlich am Bernoulli-Prinzip orientiert und damit wiederum an einer Maximierung des Erwartungswertes des Nettoerfolges interessiert ist.[369] Aufgrund der Unschärfe der alternativen Szenarien ist jedoch eine Kompromißlösung zwischen diversen Ausprägungen der Fuzzy-Zielfunktion einerseits sowie zwischen Zielfunktion und Einhaltung der unscharfen Restriktionen andererseits erforderlich, so daß der Entscheidungsträger letztendlich die Maximierung des Kompromißniveaus (genauer: seiner Zufriedenheit mit der Kompromißlösung) anstrebt.

[367] Angaben der Nettoerfolgswerte in TSD. Die Kopfzeilen der Spalten 2-5 enthalten die alternativen Zustandsfolgen und die korrespondierenden Wahrscheinlichkeitsintervalle.

[368] Vgl. Annahme (3) des Grundmodells.

[369] Vgl. Annahme (5) des Grundmodells.

Aus Vereinfachungsgründen werden alle unscharfen Daten als LR- bzw. RL-Fuzzy-Intervalle oder –Zahlen mit linearen Referenzfunktionen formuliert:[370]

$\tilde{a}_{qk} = \left(\underline{a}_{qk}, \overline{a}_{qk}, \underline{\alpha}_{qk}, \overline{\alpha}_{qk}\right)_{LR}$:= unscharfer Personalbedarfskoeffizient

$\tilde{DB}_{kj} = \left(\underline{DB}_{kj}, \overline{DB}_{kj}, \underline{db}_{kj}, \overline{db}_{kj}\right)_{LR}$:= unscharfer Deckungsbeitragssatz

$\tilde{GK}_{rj} = \left(\underline{GK}_{rj}, \overline{GK}_{rj}, \underline{gk}_{rj}, \overline{gk}_{rj}\right)_{RL}$:= unscharfer Gehaltskostensatz

$\tilde{SK}_{r,r^*,j} = \left(\underline{SK}_{r,r^*,j}, \overline{SK}_{r,r^*,j}, \underline{sk}_{r,r^*,j}, \overline{sk}_{r,r^*,j}\right)_{RL}$:= unscharfer Schulungskostensatz

$\tilde{X}_{kj} = \left(X^*_{kj}, 0, \chi_{kj}\right)_{LR}$:= unscharfe Nachfragemenge

Zusätzlich führen wir die Entscheidungsvariable

PE_{rqj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j Tätigkeiten der Art q erledigen

ein. Mit diesen Angaben sind wir in der Lage, daß Ausgangsmodell zu formulieren. Es lautet:

Zielfunktion:

$$(Z5) \quad \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \left[\sum_{k\in\overline{K}} \tilde{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r\in\overline{R}} \tilde{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r\in\overline{R}} \sum_{r^*\in R_r^*} \tilde{SK}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \rightarrow \tilde{\max}!$$

[Maximiere den Erwartungswert des (unscharfen) Nettoerfolges!][371]

Restriktionen: (R13), (R16a), (R16b), sowie

---

[370] Da die Gehalts- und Schulungskosten subtraktiv in die Zielfunktion eingestellt werden, erfassen wir diese nach den Vorschriften für die erweiterte Subtraktion von Fuzzy-Intervallen als *RL*-Intervalle (s. Anhang 1).

[371] Es gilt selbstverständlich wiederum: $\hat{w}_j = \prod_{j^*\in J_j^*} w_{j^*|j^*} \quad \forall j \in J_T \wedge \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j = 1$

(R.19) Abstimmung von unscharfem Personalbedarf und Personaleinsatz:

$$\sum_{k \in K_q} \tilde{a}_{qk} \cdot x_{kj} \cong \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$$ [372]

[Der unscharfe Personalbedarf ist durch den Einsatz hinreichend geeigneten Personals „ungefähr" zu decken.]

(R.20) Abstimmung von Personaleinsatz und Personalausstattung:

$$\sum_{q \in Q_r} PE_{rqj} + \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*,j} \leq PA_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

[Es können nicht mehr Arbeitskräfte eingesetzt werden, als zur Verfügung stehen. Als Einsatzalternativen kommen der Einsatz im Leistungs- sowie im Schulungsprozeß in Betracht.]

(R.21) Absatzrestriktionen:

$$x_{kj} \tilde{\leq} \tilde{X}_{kj}^{\max} \quad \forall k \in \bar{K}, j \in \bar{J}$$

[Die Produktionsmenge wird durch die unscharfe Nachfragemenge beschränkt.]

(R.16e) Nichtnegativitätsbedingungen für die Personaleinsatzvariablen:

$$PE_{rqj} \geq 0 \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, q \in Q_r$$

Die $\cong$-Restriktion *(R19)* spalten wir auf in die beiden Fuzzy Restriktionen

(R22) $$\sum_{k \in K_q} \tilde{a}_{qk} \cdot x_{kj} \tilde{\leq} \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$$ und

(R23) $$\sum_{k \in K_q} \tilde{a}_{qk} \cdot x_{kj} \tilde{\geq} \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$$

Dieses Modell kann jedoch nicht mit Hilfe der klassischen Linearen Programmierung gelöst werden, so daß man auf die Formulierung eines adäquaten Ersatz- bzw. Kompromißprogramms angewiesen ist. Wir werden im folgenden ein entsprechendes

[372] In den obigen Modellen haben wir den impliziten Ansatz der Personalplanung verwendet, der eine direkte Abstimmung zwischen Personalbedarf und –ausstattung vorsieht. Da eine formale Übertragung dieses Ansatzes auf Situationen mit terminologischer Unschärfe nicht gelingt, verwenden wir hier die fuzzy Version des expliziten Ansatzes vgl. Spengler (1990, S. 27)]. Dieser zweistufige Ansatz sieht eine Abstimmung zwischen Personalbedarf und Personaleinstz sowie zwischen Personaleinsatz und Personalausstattung vor. Zu impliziten und expliziten Ansätzen der Personalplanung vgl. z.B. Kossbiel (1970 u. 1992), Jarr (1976) sowie Muche (1986 u. 1989).

Kompromißprogarmm formulieren und uns dabei auf das von Rommelfanger konzipierte Verfahren „FULPAL" beziehen:[373]

Wird in Restriktion *(R22)* die Grenze $\sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}\ \left(j\in\bar{J},q\in\overline{Q}\right)$ unterschritten, dann muß diese Unterschreitung vom Entscheidungsträger bewertet werden. Wir wollen diese Bewertung durch die unscharfe Menge $\tilde{N}^{u}_{qi}$ zum Ausdruck bringen, für deren Zugehörigkeitsfunktion wir aus Vereinfachungsgründen den folgenden linearen Verlauf vorsehen:

$$\mu_{\tilde{N}^{u}_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}\right)=\begin{cases}0 \text{ für } \sum_{r\in R_q}PE_{rqj}<\sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}-\Delta^{u}_{qj}\\ \dfrac{\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}-\left(\sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}-\Delta^{u}_{qj}\right)}{\Delta^{u}_{qj}}\\ \qquad\text{für } \sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}-\Delta^{u}_{qj}\le\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}<\sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}\\ 1 \text{ für } \sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}\le\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}\end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta^{u}_{qj}\le\sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj}$ *(R.24)*

Für jede Restriktion vom Typ *(R.22)* wird nun eine Surrogatungleichung

(R.25) $$\sum_{k\in K_q}\left(\underline{a}_{qk}-\underline{\alpha}_{qk}\right)\cdot x_{kj}\le\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}\quad\forall j\in\bar{J},q\in\overline{Q}$$

und ein Ziel

(Z.6) $$\mu_{\tilde{N}^{u}_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}\right)\rightarrow\max!$$

in Ansatz gebracht. Analog verfahren wir mit Restriktion *(R.23)*: Überschreitungen der Grenze $\sum_{k\in K_q}\overline{a}_{qk}\cdot x_{kj}\ \left(j\in\bar{J},q\in\overline{Q}\right)$ werden über die unscharfe Menge $\tilde{N}^{o}_{qi}$ bewertet, deren Zugehörigkeitsfunktion wie folgt lautet:

[373] Vgl. Rommelfanger (1994, S. 245 ff.).

$$\mu_{\tilde{N}^o_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q} PE_{rqj}\right)=\begin{cases} 0 \text{ für } \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} > \sum_{k\in K_q} \bar{a}_{qk}\cdot x_{kj} + \Delta^o_{qj} \\ 1-\dfrac{\sum_{r\in R_q} PE_{rqj} - \sum_{k\in K_q} \bar{a}_{qk}\cdot x_{kj}}{\Delta^o_{qj}} \\ \qquad \text{für } \sum_{k\in K_q} \bar{a}_{qk}\cdot x_{kj} \le \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \le \sum_{k\in K_q} \bar{a}_{qk}\cdot x_{kj} + \Delta^o_{qj} \\ 1 \text{ für } \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} < \sum_{k\in K_q} \bar{a}_{qk}\cdot x_{kj} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta^o_{qj} \le \sum_{k\in K_q} \bar{\alpha}_{qk}\cdot x_{kj}$ *(R.26)*

Für die Bewertung von Überschreitungen der Grenze X^*_{kj} $\left(j\in\bar{J}, k\in\bar{K}\right)$ in Restrktion *(R.21)* sehen wir die unscharfe Menge $\tilde{N}_{kj}$ mit der Zugehörigkeitsfunktion

$$\mu_{\tilde{N}_{kj}}\left(x_{kj}\right)=\begin{cases} 0 \text{ für } x_{kj} > X^*_{kj} + \Delta^*_{kj} \\ 1-\dfrac{x_{kj}-X^*_{kj}}{\Delta^*_{kj}} \text{ für } X^*_{kj} + \Delta^*_{kj} \ge x_{kj} > X^*_{kj} \\ 1 \text{ für } X^*_{kj} \ge x_{kj} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta^*_{kj} \le \chi_{kj}$ *(R.27)*

vor. Auch die Restriktionen *(R.23)* und *(R.21)* ersetzen wir jeweils durch eine Surrogatungleichung sowie durch ein Ziel, und zwar durch:

(R.28) $\sum_{k\in K_q}\left(\bar{a}_{qk}+\bar{\alpha}_{qk}\right)\cdot x_{kj} \ge \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j\in\bar{J}, q\in\bar{Q}$

(Z.7) $\mu_{\tilde{N}^o_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q} PE_{rqj}\right) \rightarrow \max!$

(R.29) $x_{kj} \le X^*_{kj} + \chi_{kj} \quad \forall k\in\bar{K}, j\in\bar{J}$

(Z.8) $\mu_{\tilde{N}_{kj}}\left(x_{kj}\right) \rightarrow \max!$

Bezüglich alternativer Ausprägungen der Zielfunktion *(Z.5)* bringt der Entscheidungsträger seine Nutzenvorstellungen über die unscharfe Menge $\tilde{Z} = \left\{\left(\underline{ENE}; \mu_{\tilde{Z}}\left(\underline{ENE}\right)\right)\right\}$, mit

$$\underline{ENE} := \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \bar{K}} \underline{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \bar{R}} \overline{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{r^* \in R_r^*} \overline{SK}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right],$$

zum Ausdruck. Unter den Annahmen, daß er den Zugehörigkeitswert 1 lediglich für Zielfunktionsausprägungen vergibt, die nicht kleiner als $\bar{z}$ sind, und daß er den Abweichungstoleranzparameter Δ_Z der Zielfunktion so festlegt, daß dieser kleiner oder gleich der Differenz aus $\bar{z}$ und $\underline{z}$ ist, lautet die gesuchte Zugehörigkeitsfunktion bei linearem Verlauf über $[\bar{z} - \Delta_Z; \bar{z}]$:

$$\mu_{\tilde{Z}}(\underline{ENE}) = \begin{cases} 0 \text{ für } \underline{ENE} < \bar{z} - \Delta_Z \\ \dfrac{\underline{ENE} - (\bar{z} - \Delta_Z)}{\Delta_Z} \text{ für } \bar{z} - \Delta_Z \le \underline{ENE} < \bar{z} \\ 1 \text{ für } \bar{z} \le \underline{ENE} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta_Z \le \bar{z} - \underline{z}$ *(R.30)*

Die originäre Zielfunktion *(Z.5)* wird nun ersetzt durch das Ziel *(Z.9)* und die Restriktion *(R.31)*, mit:

(Z.9) $\mu_{\tilde{Z}}(\underline{ENE}) \rightarrow \max!$

(R.31)

$$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \bar{K}} \left(\underline{DB}_{kj^*} - \underline{db}_{kj^*} \right) \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \bar{R}} \left(\overline{GK}_{rj^*} + \overline{gk}_{rj^*} \right) \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{r^* \in R_r^*} \left(\overline{SK}_{r,r^*,j^*} + \overline{sk}_{r,r^*,j^*} \right) \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \ge \underline{z}$$

Zur Generierung der Orientierungswerte $\bar{z}$ und $\underline{z}$ formulieren wir die Hilfsprogramme HI und HII, wobei HI im Optimum den Zielfunktionswert $\bar{z}$ annimmt und folgende Gestalt besitzt:

Zielfunktion:

$$(Z.10)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*}\Bigg[\sum_{k\in\overline{K}}\underline{DB}_{kj^*}\cdot x_{kj^*} - \sum_{r\in\overline{R}}\overline{GK}_{rj^*}\cdot PA_{rj^*} - \\ - \sum_{r\in\overline{R}}\sum_{r^*\in R_r^*}\overline{SK}_{r,r^*,j^*}\cdot S_{r,r^*,j^*}\Bigg] \rightarrow \max!$$

[Maximiere den Erwartungswert des Nettoerfolges, wobei als Ausprägungen der Zielfunktionskoeffizienten für die Minuenden jeweils die niedrigsten und für die Subtrahenden jeweils die höchsten Werte auf den 1-Niveaus zu wählen sind!][374]

Restriktionen: (R.13), (R.16a), (R.16b), (R.16e), (R.20), (R.25), (R.28), sowie (R.29)

Hilfsmodell HII liefert den Wert $\underline{z}$ und ist wie folgt aufgebaut:

Zielfunktion:

$$(Z.11)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*}\Bigg[\sum_{k\in\overline{K}}\left(\underline{DB}_{kj^*} - \underline{db}_{kj^*}\right)\cdot x_{kj^*} - \sum_{r\in\overline{R}}\left(\overline{GK}_{rj^*} + \overline{gk}_{rj^*}\right)\cdot PA_{rj^*} - \\ - \sum_{r\in\overline{R}}\sum_{r^*\in R_r^*}\left(\overline{SK}_{r,r^*,j^*} + \overline{sk}_{r,r^*,j^*}\right)\cdot S_{r,r^*,j^*}\Bigg] \rightarrow \max!$$

Restriktionen: (R.13), (R.16a), (R.16b), (R.16e), (R.20)[375]

$$(R.32)\qquad \sum_{k\in K_q}\underline{a}_{qk}\cdot x_{kj} \le \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j\in\overline{J}, q\in\overline{Q}$$

$$(R.33)\qquad \sum_{k\in K_q}\overline{a}_{qk}\cdot x_{kj} \ge \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j\in\overline{J}, q\in\overline{Q}$$

$$(R.34)\qquad x_{kj} \le X_{kj}^* \quad \forall k\in\overline{K}, j\in\overline{J}$$

Nach Festlegung der jeweiligen Abweichungstoleranzparameter ist der Entscheidungsträger in Lage, daß gesuchte Kompromißprogramm zu formulieren:

---

[374] Es gilt selbstverständlich wiederum: $\hat{w}_j = \prod_{j^*\in J_j^*} w_{j^*|j^*\_} \quad \forall j\in J_T \wedge \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j = 1$

[375] Die eigentlich anzusetzenden Restriktionen *(R.25)*, *(R.28)* und *(R.29)* erweisen sich als redundant.

Zielfunktion:

(Z.12) $\pi \rightarrow \max!$

[Maximiere das Niveau der Zufriedenheit bzgl. der zu ermittelnden Kompromißlösung!]

Restriktionen: (R.13), (R.16a), (R.16b), (R.16e), (R.20), (R.25), (R.28), (R.29) sowie

(R.35) $\pi \leq \mu_{\tilde{N}^u_{qj}}\left(\sum_{r \in R_q} PE_{rqj}\right)$

(R.36) $\pi \leq \mu_{\tilde{N}^o_{qj}}\left(\sum_{r \in R_q} PE_{rqj}\right)$

(R.37) $\pi \leq \mu_{\tilde{N}_{kj}}\left(x_{kj}\right)$

(R.38) $\pi \leq \mu_{\tilde{Z}}\left(\underline{ENE}\right)$

(R.16f) $\pi \geq 0$

Die Restriktionen *(R.35)-(R.38)* lassen sich i.V.m. den Definitionsgleichungen *(R.24)*, *(R.26)*, *(R.27)* und *(R.30)* umformulieren zu:

(R.39) $\Delta^u_{qj} \cdot \pi - \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \leq -\left(\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj}\right) \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R.40) $\Delta^o_{qj} \cdot \pi + \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \leq \sum_{k \in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj} + \Delta^o_{qj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R.41) $\Delta^*_{kj} \cdot \pi + x_{kj} \leq X^*_{kj} + \Delta^*_{kj} \quad \forall k \in \bar{K}, j \in \bar{J}$

(R.42) $\Delta_Z \cdot \pi - \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J^*_j} \left[\sum_{k \in \bar{K}} \underline{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \bar{R}} \overline{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$

$$\left. - \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{r^* \in R^*_r} \overline{SK}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \leq -\left(\bar{z} - \Delta_Z\right)$$

Wir wollen dies am Beispiel der Restriktion *(R.35)* verdeutlichen: Die Zugehörigkeitsfunktion *(R.24)* beschreibt, daß der Entscheidungsträger

1. absolut unzufrieden ist $(\mu = 0)$, wenn noch nicht einmal der unterste Personalbedarf $\left(\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj} \right)$ gedeckt wird
2. „mittelmäßig" zufrieden ist $(0 \leq \mu < 1)$, wenn der Personalbedarf auf einem Niveau gedeckt wird, das zwischen dem untersten und dem unteren 1-Niveau liegt $\left(\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj} \leq \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} < \sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \right)$
3. absolut zufrieden ist $(\mu = 1)$, wenn der Personalbedarf auf dem unteren 1-Niveau $\left(\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \right)$ gedeckt wird *(Abb. 40a)*.

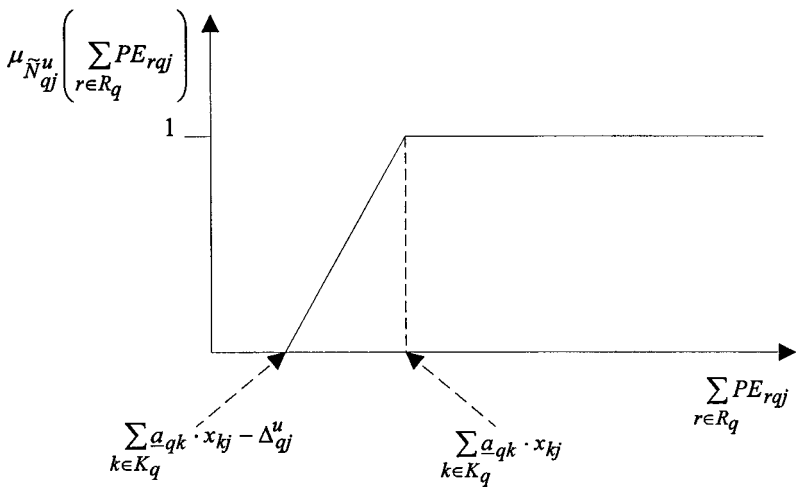


Abb. 40a: Graph der Zugehörigkeitsfunktion (R.24)

Diese Forderungen werden eingehalten, indem im Kompromißprogramm die Restriktion *(R.39)* gefordert wird:

$$\textit{(R.39)} \quad \Delta^u_{qj} \cdot \pi - \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \leq -\left(\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj} \right) \quad \forall j \in \overline{J}, q \in \overline{Q}$$

Diese läßt sich auch schreiben als:

$$\Delta^{u}_{qj} \cdot \pi + \sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^{u}_{qj} \leq \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$$

Unter Berücksichtigung der Zielfunktion *(Z.12)* sowie der Restriktionen *(R.16f)* und *(R.36)* - *(R.38)* ist aus dieser Umformulierung unmittelbar ersichtlich, daß

- $\pi = 0$ werden muß, wenn $\sum_{r \in R_q} PE_{rqj} = \sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^{u}_{qj}$
- $0 < \pi < 1$ werden muß, wenn $\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^{u}_{qj} < \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} < \sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj}$
- $\pi = 1$ werden muß, wenn $\sum_{r \in R_q} PE_{rqj} = \sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj}$

Während die Abweichungstoleranzparameter Δ^{*}_{kj} und Δ_Z relativ leicht als Daten in den Kalkül eingebracht werden können, ist die Bestimmung der Parameter Δ^{u}_{qj} und Δ^{o}_{qj} etwas schwieriger. Da in den Restriktionen *(R.22)* und *(R.23)* unscharfe (entscheidungsabhängige) Personalbedarfe generiert werden, ist es nicht möglich, von vornherein deterministische Toleranzwerte für Abweichungen von den jeweiligen Restriktionsgrenzen (auf den 1-Niveaus) anzugeben. Würde man die Parameter Δ^{u}_{qj} und Δ^{o}_{qj} als Entscheidungsvariable in das Modell aufnehmen, dann wäre der Ansatz wegen der Multiplikation mit π in den Restriktionen *(R.39)* und *(R.40)* nicht mehr linear. Um die Lösbarkeit des Modells nicht (von vornherein) auszuschließen, ist es daher sinnvoll, die Abweichungstoleranzparameter als Daten in den Ansatz eingehen zu lassen. Geeignete Orientierungswerte lassen sich über die optimalen Lösungen der beiden Hilfsmodelle HI und HII generieren: Multipliziert man die entsprechenden Ausprägungen der x_{kj}-Variablen mit den jeweiligen Koeeffizienten $\underline{\alpha}_{qk}$ und $\overline{\alpha}_{qk}$, so erhält man zwei[376] potentielle reellwertige Obergrenzen für jeden der Abweichungstoleranzparameter. Der Entscheidungsträger kann dann – in seinem Urteil – sinnvolle Ausprägungen für Δ^{u}_{qj} und Δ^{o}_{qj} festlegen.

3.2.3.2. Beispiel

Wir wollen wiederum auf das bereits in Abschnitt D.3.2.1.2. (S. 152 ff.) formulierte Beispiel zurückgreifen. Dabei gehen wir davon aus, daß (unter sonst gleichen Bedingungen) die Nachfragemengen sowie die Zielfunktions- und die Personalbedarfs-

[376] Dies gilt, sofern die Lösungen der Hilfsmodelle HI und HII voneinander abweichen.

koeffizienten als Fuzzy-Zahlen oder Fuzzy-Intervalle mit linearen Referenzfunktionen vorliegen *(s. Tab 19-21)*:

	k=1	k=2	
q=1	$(2;3;1;1)_{LR}$	$(3;4;1;1)_{LR}$	$\tilde{a}_{qk}$
q=2	$(3;3,5;0,5;0,5)_{LR}$	-	
q=3	-	$(1,5;2,5;0,5;1)_{LR}$	
$\tilde{DB}_k$	$(1000;1200;100;100)_{LR}$	$(4000;4200;100;100)_{LR}$	

Tab. 19: Unscharfe Personalbedarfskoeffizienten und unscharfe Deckungsbeiträge

	r=1	r=2	r=3	r=4
$\tilde{GK}_r$	$(100;110;10;10)_{RL}$		$(200;210;10;10)_{RL}$	
$\tilde{SK}_r$	$(0,9;1;0,1;0,1)_{RL}$			

Tab. 20: Unscharfe Gehalts- und Schulungskostensätze

	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7
k=1	$(35;0;5)_{LR}$	$(45;0;10)_{LR}$	$(35;0;5)_{LR}$	$(55;0;10)_{LR}$	$(35;0;5)_{LR}$	$(55;0;10)_{LR}$	$(35;0;5)_{LR}$
k=2	$(20;0;2)_{LR}$	$(38;0;5)_{LR}$	$(10;0;3)_{LR}$	$(55;0;10)_{LR}$	$(20;0;2)_{LR}$	$(55;0;10)_{LR}$	$(20;0;2)_{LR}$

Tab. 21: Unscharfe Nachfragemengen $\tilde{X}_{kj}^{\max}$

Auf der Basis dieser Daten führt das Hilfsmodell I[377] zu einem Erwartungswert des Nettoerfolges in Höhe von $\bar{z} = 383520{,}7$ und aus dem Hilfsmodell II[378] ergibt sich der Wert $\underline{z} = 276746{,}3$. Bei der Festlegung der benötigten Abweichungstoleranzparameter sehen wir für Δ_Z den Wert $\bar{z} - \underline{z} = 106774{,}4$ und für Δ_{kj}^* den Wert χ_{kj} für alle k

[377] Vgl. auch Anhang 5 (S. 225 ff.).
[378] Vgl. auch Anhang 6 (S. 232 ff.).

und j vor. Für die Parameter Δ^u_{qj} bzw. Δ^o_{qj} nehmen wir an, daß $\Delta^u_{qj} = \sum_{k \in K_q} \underline{\alpha}_{qk} \cdot x_{kj}$ bzw. $\Delta^o_{qj} = \sum_{k \in K_q} \overline{\alpha}_{qk} \cdot x_{kj}$, und zwar für alle q und j und mit den jeweils höheren der über die beiden Hilfsmodelle ermittelten Variablenausprägungen. Unter diesen Annahmen führt das Kompromißprogramm[379] zu einem optimalen Kompromißniveau in Höhe von $\pi = 0{,}566$ und zu folgenden (gerundeten) Ausprägungen der Produktions- und Schulungsvariablen *(s. Abb. 41)*:[380]

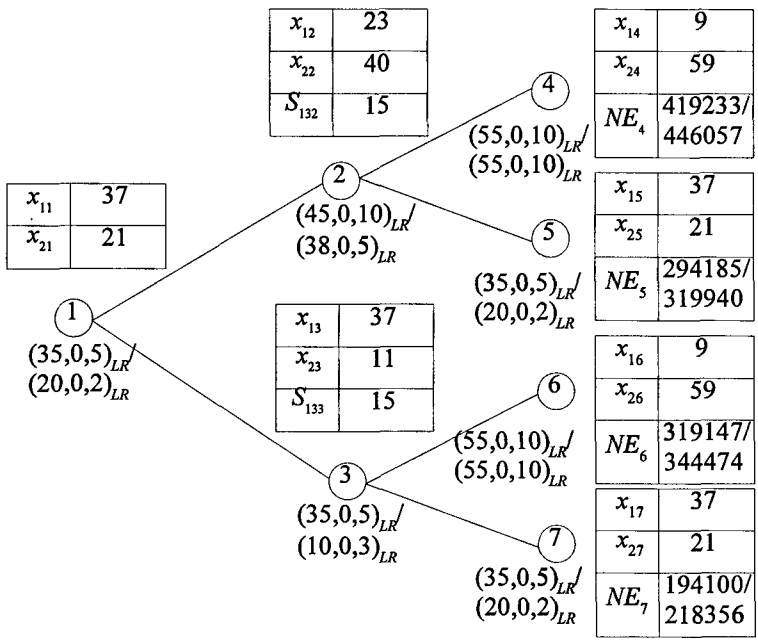


Abb. 41: Optimallösung

Wie aus *Abb. 41* ersichtlich, ist es bei dem Kompromißniveau π=0,566 optimal, bzgl. des Gutes k=2 in allen Zuständen das Niveau X^*_{2j} und bzgl. des Gutes k=1 in den

[379] Vgl. auch Anhang 7 (S. 239 ff.).

[380] In Abb. 41 sind lediglich die positiv ausgeprägten Schulungsvariablen angeführt. Unter den Zustandsknoten findet man Angaben zu den unscharfen Nachfragemengen in der Form $\tilde{X}^{\max}_{1j} / \tilde{X}^{\max}_{2j}$. Darüber hinaus werden die Nettoerfolge auf den (unteren) 0-Niveaus/1-Niveaus angegeben.

Zuständen j=1, 3, 5 und 7 das Niveau X^*_{1j} zu überschreiten sowie in den Zuständen j=2, 4, 6 zu unterschreiten.

3.2.4. Modell IV: LPI-Bedingungen, unscharfe Daten

3.2.4.1. Modellformulierung

In diesem Abschnitt wollen wir die Modelle II(b) und III zusammenführen und somit davon ausgehen, daß die relevanten Daten in Form unscharfer Mengen vorliegen und die in Ansatz zu bringenden Wahrscheinlichkeiten LPI-Bedingungen genügen. Darüber hinaus setzen wir die Prämisse, der Entscheidungsträger orientiere sich am LPI-Laplace-Prinzip. Das Fuzzy-Ausgangsmodell lautet in diesem Fall wie folgt:

Zielfunktion:

$$(Z.13)\quad \sum_{j\in J_T} \hat{w}^*_j \cdot \sum_{j^*\in J^*_j} \left[\sum_{k\in \bar{K}} \tilde{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r\in \bar{R}} \tilde{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r\in \bar{R}} \sum_{r^*\in R^*_r} \tilde{SK}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \rightarrow \tilde{\max!}$$

[Maximiere den Erwartungswert des (unscharfen) „Durchschnitts"-Nettoerfolges!]

Restriktionen: (R.13), (R.16a), (R.16b), (R.16e), (R.18b), (R.18c), (R.18d), (R.19), (R.20) und (R.21)

Die einzige Änderung gegenüber Modell III besteht somit in den hier anzusetzenden LPI-Laplace-Wahrscheinlichkeiten $\hat{w}^*_j$. Dies führt dazu, daß man auch in den Definitionsgleichungen *(R.30)*, *(R.31)*, *(R.38)* und *(R.42)* sowie in den Zielfunktionen *(Z.9)*, *(Z.10)* und *(Z.11)* $\hat{w}_j$ durch $\hat{w}^*_j$ ersetzt. Bei der Generierung der optimalen Kompromißlösung ergeben sich somit keine prozeduralen Variationen gegenüber dem in Abschnitt D.3.2.3. aufgezeigten Vorgehen.

3.2.4.2. Beispiel

Zur Illustration des Vorgehens gehen wir von den unscharfen Personalbedarfs- und Zielfunktionskoeffizienten aus dem obigen Beispiel sowie den im Zustandsbaum der *Abb. 39* angegebenen Intervallwahrscheinlichkeiten aus. Letztere führen über das in Abschnitt C.2.3.2.2. (s. S. 98 f.) aufgezeigte Verfahren zur Extremalpunktematrix

$$\mathbf{M}(LPI)=\begin{bmatrix} 0{,}04 & 0{,}04 & 0{,}04 & 0{,}04 & 0{,}04 & 0{,}01 & 0{,}01 & 0{,}01 & 0{,}01 & 0{,}01 & 0{,}01 & 0{,}01 \\ 0{,}18 & 0{,}08 & 0{,}08 & 0{,}18 & 0{,}13 & 0{,}18 & 0{,}18 & 0{,}08 & 0{,}18 & 0{,}08 & 0{,}16 & 0{,}11 \\ 0{,}16 & 0{,}29 & 0{,}16 & 0{,}22 & 0{,}27 & 0{,}27 & 0{,}16 & 0{,}27 & 0{,}25 & 0{,}19 & 0{,}27 & 0{,}16 \\ 0{,}62 & 0{,}59 & 0{,}72 & 0{,}56 & 0{,}56 & 0{,}54 & 0{,}65 & 0{,}64 & 0{,}56 & 0{,}72 & 0{,}56 & 0{,}72 \end{bmatrix}.$$

Unter Beachtung von *(R.18d)* erhalten wir den folgenden Vektor der LPI-Laplace-Wahrscheinlichkeiten:

$$\mathbf{M}^*(LPI)=\begin{bmatrix} 0{,}0225 \\ 0{,}135 \\ 0{,}2225 \\ 0{,}62 \end{bmatrix}$$

Auf dieser Datenbasis führt das Hilfsmodell I[381] zu einem Erwartungswert des Nettoerfolges in Höhe von $\bar{z} = 298855$ und aus dem Hilfsmodell II[382] ergibt sich der Wert $\underline{z} = 214445$. Bei der Festlegung der benötigten Abweichungstoleranzparameter sehen wir für Δ_Z den Wert $\bar{z} - \underline{z} = 84410$ und für Δ^*_{kj} den Wert χ_{kj} für alle k und j vor. Für die Parameter Δ^u_{qj} bzw. Δ^o_{qj} nehmen wir wiederum an, daß $\Delta^u_{qj} = \sum_{k \in K_q} \underline{\alpha}_{qk} \cdot x_{kj}$ bzw. $\Delta^o_{qj} = \sum_{k \in K_q} \bar{\alpha}_{qk} \cdot x_{kj}$, und zwar für alle q und j und mit den jeweils höheren der über die beiden Hilfsmodelle ermittelten Variablenausprägungen. Unter diesen Annahmen führt das Kompromißprogramm[383] zu einem optimalen Kompromißniveau in Höhe von $\pi = 0{,}587$ und zu folgenden (gerundeten) Ausprägungen der Produktions- und Schulungsvariablen *(s. Abb. 42)*:[384]

[381] Vgl. auch Anhang 8 (S. 249 ff.).
[382] Vgl. auch Anhang 9 (S. 256 ff.).
[383] Vgl. auch Anhang 10 (S. 263 ff).
[384] In Abb. 42 sind wiederum lediglich die positiv ausgeprägten Schulungsvariablen angeführt. Unter den Zustandsknoten findet man Angaben zu den unscharfen Nachfragemengen in der Form $\tilde{X}^{\max}_{1j} / \tilde{X}^{\max}_{2j}$. Darüber hinaus werden die Nettoerfolge auf den (unteren) 0-Niveaus/1-Niveaus angegeben.

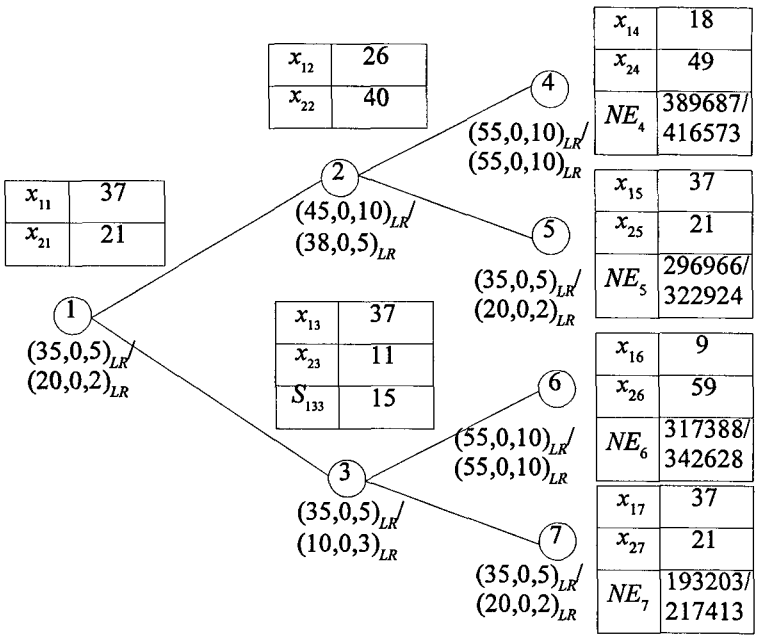


Abb. 42: Optimallösung

Wie aus Abb. 42 ersichtlich, ist es bei dem Kompromißniveauπ=0,587 optimal, bzgl. des Gutes k=1 in den Zuständen$j$=1, 3, 5 und 7 das Niveau X_{1j}^{*} und bzgl. des Gutes k=2 in den Zuständen j=1, 2, 3, 5, 6 und 7 das Niveau X_{2j}^{*} zu überschreiten.

3.3. Modellkritik

Für die Konstruktion der Grundmodelle I-IV haben wir (wiederum) möglichst einfache Problemstellungen gewählt. Die Möglichkeiten zur Ausweitung der Entscheidungssituationen auf komplexere und kompliziertere Fälle sind freilich vielfältig, so daß wir einige Erweiterungsmöglichkeiten zum Abschluß des vorliegenden Abschnittes skizzieren wollen.

Zu denken ist dabei z.B. an die Integration eines Investitionsplanungsmoduls (Annahme 1), die vor allem bei längeren Planungszeiträumen sinnvoll bzw. erforderlich sein kann. Es bietet sich möglicherweise an, nicht nur tätigkeits- sondern auch aggregatspezifische (entscheidungsabhängige) Personalbedarfe in Ansatz zu bringen und Probleme der Produktentwicklung sowie mehrstufiger Fertigung in Kombination mit Unsicherheiten bzgl. des technischen Fortschritts zu betrachten. Solche Ergänzungen

der Grundmodelle würden bedeuten, daß man - ausgehend von gegebenen Mengen $\overline{Q}$ und $\overline{R}$ - die im Zeitablauf zunehmenden Unschärfen hinsichtlich der Personalbedarfs- und Personalausstattungsentwicklung berücksichtigen müßte, die dadurch zustande kommen, daß man lediglich vage Vorstellungen über in „ferner" Zukunft auftretende Personalbedarfs- und –ausstattungskategorien besitzt.

Darüber hinaus ist die Integration von Lagerhaltungsproblemen (Annahme 2) ebenso problemlos möglich, wie die Ausweitung der Schulungsdauern und eine Differenzierung der Schulungserfolgswahrscheinlichkeiten (Annahme 4). Daneben können sich differenziertere Überlegungen hinsichtlich personeller Karrieren als fruchtbar erweisen.[385]

Das Modell IV, für dessen Zielfunktion wir LPI-Laplace-Wahrscheinlichkeiten und damit den einfachsten Fall der Berücksichtigung von LPI-Bedingungen vorgesehen haben, basiert auf der Fat Solution-Methode.[386] Auch diesbezüglich sind Variationen, wie z.B. die Verwendung des von Rommelfanger konzipierten (auf dem Verfahren „FULPAL" beruhenden) chance constrained-Ansatzes, denkbar.[387] Für die Verwendung des Max E_{min}-Prinzips bei unscharfer Datenbasis sind jedoch weitere Forschungsarbeiten erforderlich.

4. Strategien zur Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen

4.1. Vorbemerkung

Wie bereits oben angedeutet, stehen bei den in diesem Abschnitt zu behandelnden Strategien die Bedürfnisse von Arbeitskräften nach persönlichem Wachstum (Entfaltungsbedürfnisse) im Vordergrund. Ausgehend von (gegebenen) personellen Bedürfniskonfigurationen versucht man, durch geeignete Maßnahmen der Verhaltenslenkung „angemessene" Arbeitsstrukturen zu schaffen. Eine zentrale Rolle spielen dabei die von den Arbeitskräften zu erledigenden Aufgaben, die derart zu gestalten sind, daß den Ausprägungen der Entfaltungsbedürfnisse „entsprechend" Rechnung getragen wird.

Da man jedoch nicht davon ausgehen kann, daß alle Arbeitskräfte (hinsichtlich artmäßiger Differenzierung und Stärke) über dieselben Entfaltungsbedürfnisse verfügen, bedeutet dies, daß die Bedürfniskonfigurationen der Mitarbeiter zuvor analysiert werden müssen. Wenngleich es sich bei einer solchen – auf direkten oder indirekten Methoden[388] basierenden - Analyse um kein einfaches Unterfangen handelt, wollen wir doch annehmen, daß die Planungsinstanz zum Zeitpunkt der Strategieentwicklung über hinreichend gute Informationen verfügen wird.

---

[385] Vgl. z.B. Spengler (1996).
[386] Vgl. Abschnitt C.2.3.2.1.2. (S. 89 ff.) der vorliegenden Arbeit.
[387] Vgl. Rommelfanger (1991).
[388] Vgl. z.B. v. Rosenstiel (1977) und Scholl-Schaaf (1975, S. 120 ff.).

Ausgehend von den Arbeiten F.W. Taylors[389] hat man sich bei der Arbeitsgestaltung (bis zum heutigen Tage) über Jahrzehnte hinweg an Grundsätzen orientiert, die wir als „traditionell" bezeichnen wollen und die von einer dauerhaften Aufgabenzuordnung, von einer weitgehenden Zerlegung komplexer in Elementaraufgaben, von einer eher strikten Trennung zwischen dispositiven und exekutiven Aufgaben sowie davon ausgehen, daß die Aufgaben durch übergeordnete Instanzen gestaltet werden. „Diese Vorstellungen enthalten – das ist kaum zu bezweifeln – einen richtigen Kern; denn Spezialisierung und Routinisierung können in der Tat die Arbeitsproduktivität erhöhen. Problematisch ist nur das ‚exzessive' Verfolgen der dahinterstehenden Prinzipien."[390]

Wegen der dysfunktionalen Effekte solcher „Übertreibungen" wurden im Laufe der Zeit „moderne" Grundsätze entwickelt, nach denen ein planmäßiger Aufgabenwechsel, eine horizontale Aufgabenerweiterung und eine vertikale Aufgabenanreicherung sowie die Mitbestimmung bei der Aufgabengestaltung anzustreben ist. Die letztgenannten Grundsätze werden auch unter dem Stichwort „Humanisierung der Arbeitswelt" diskutiert, einer Bezeichnung, die jedenfalls dann irreführend sein kann, wenn man diese Prinzipien quasi nach dem „Gießkannenprinzip" verfolgt und nicht die personellen Bedürniskonfigurationen berücksichtigt.[391] Bei der Entwicklung der „modernen" Grundsätze, die auf das Ziel gerichtet sind, Produktivitätssteigerungen durch intrinsische Motivation und Arbeitszufriedenheit erreichen zu wollen, haben u.a. die Arbeiten von Herzberg[392] (der den Arbeitsinhalt als maßgebliche Determinante der Arbeitszufriedenheit ausmacht), von Argyris[393] (der die Anforderungen einer formalen Organisation den Bedürfnissen einer reifen Persönlichkeit gegenüberstellt) sowie von Hackman/Oldham[394] (die Bedingungen für die Entstehung intrinsischer Motivation untersuchen) eine Rolle gespielt. Auf den von Hackman/Oldham konzipierten job characteristics approach werden wir zurückkommen; zuvor wollen wir jedoch in *Abb. 43* die genannten Grundsätze der Arbeitsgestaltung übersichtlich gegenüberstellen:

[389] Vgl. Taylor (1911).
[390] Kossbiel (1994, S. 375).
[391] Manche Arbeitskräfte wollen eben fremdbestimmte Arbeit leisten, während andere eher an autonomer Aufgabengestaltung interessiert sind.
[392] Vgl. Herzberg/Mausner/Snyderman (1959):
[393] Vgl. Argyris (1970).
[394] Vgl. Hackman/Oldham (1980).

Differenzierungsobjekt	Traditionelle Grundsätze	Moderne Grundsätze
Dauer der Aufgaben(ver)teilung	Dauerhafte Aufgabenzuordnung	Planmäßiger Aufgabenwechsel [job rotation]
Aufgabenteilung	Weitgehende Aufgabenzerlegung	(horizontale) Aufgabenerweiterung [job enlargement]
Aufgabenverteilung	Klare Trennung zwischen dispositiven und exekutiven Aufgaben	(vertikale) Aufgabenanreicherung [job enrichment]
Heteronomie/Autonomie bei der Aufgabengestaltung	Aufgabengestaltung durch übergeordnete Instanzen	Mitbestimmung bei der Aufgabengestaltung [z.B. teilautonome Arbeitsgruppen]
Ziel der Aufgabengestaltung	Produktivitätssteigerung durch Spezialisierung und Routinisierung	Produktivitätssteigerung durch intrinsische Motivation und Arbeitszufriedenheit

Abb. 43: Grundsätze der Aufgabengestaltung[395]

Nach Maßgabe des Aufgabengestaltungsansatzes von Hackman/Oldham weisen Aufgaben – mit der Aufgabenvielfalt, -ganzheitlichkeit und -bedeutsamkeit sowie mit Autonomie und Feedback über Arbeitsergebnisse – fünf Kerndimensionen auf, die von den Aufgabenträgern subjektiv erlebt werden und in sog. kritischen psychologischen Zuständen münden (erlebte Sinnhaftigkeit der Aufgabe, erlebte Ergebnisverantwortung und Kenntnis der Arbeitsergebnisse). Je nach Günstigkeit der genannten Kerndimensionen sowie der korrespondierenden Perzeptionsvariablen resultieren aus der Aufgabenstellung – moderiert durch Variablen wie z.B. die Stärke von Wachstumsbedürfnissen – hohe intrinsische Motivation, hohe Arbeitseffektivität, hohe Arbeitszufriedenheit und hohe persönliche Entfaltung *(s. Abb. 44)*.

[395] Vgl. Kossbiel (1994, S. 375 f.).

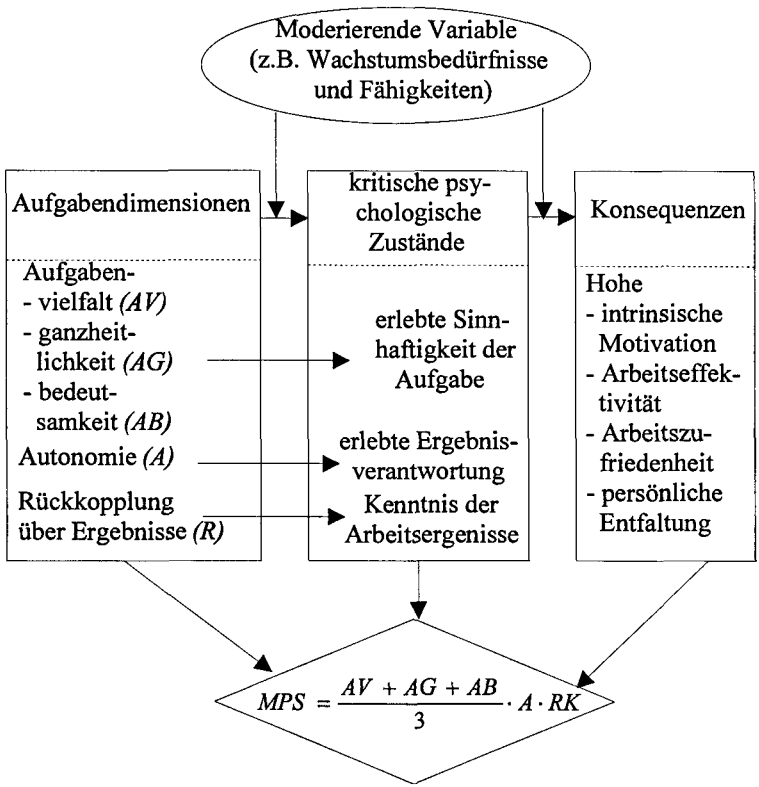


Abb. 44: Aufgabengestaltungsansatz[396]

Wir werden im folgenden den job characteristics approach zur theoretischen Stützung von Entscheidungsmodellen für die Planung entsprechender Aufgabengestaltungs- und Personalstrategien heranziehen, in denen die Kerndimensionen der Arbeit als Variablen der Arbeitsstrukturierung verwendet werden. In *Abb. 45* sind – symbolisiert durch „×" – Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Kerndimensionen bei alternativen (modernen) Maßnahmen der Arbeitsstrukturierung angedeutet. Dabei wird u.a.

[396] In Anlehnung an Hackman/Oldham (1980, S. 81 u. 90). Die Stärke des von einer Aufgabe ausgehenden Motivationspotentials wird von Hackman/Oldham über den sog. Motivational potential score (MPS), der im unteren Teil der *Abb. 44* angegeben ist, erfaßt. Die angegebene Division durch 3 ist im übrigen nicht erforderlich. Multipliziert man beide Seiten der Bestimmungsgleichung, mit 3, dann führt dies zu einer ordnungserhaltenden Transformation der Skalenwerte des MPS.

deutlich, daß die Aufgabenvielfalt bei allen vier genannten Gestaltungsalternativen Berücksichtigung findet und daß durch Mitbestimmung bei der Arbeitsgestaltung (fast) allen Kerndimensionen Rechnung getragen werden kann.

	Aufgaben-vielfalt	Aufgaben-ganzheitlich-keit	Aufgaben-bedeut-samkeit	Autono-mie	Rück-kopp-lung
Job rotation	×	(×)[397]	(×)[398]	-	-
Job enlarge-ment	×	×	(×)[399]	-	-
Job enrichment	×	×	×	×	-
Mitbest. bei der Aufgaben-gestaltung	×	×	×	×	(×)[400]

Abb. 45: Moderne Grundsätze der Arbeitsgestaltung und Kerndimensionen von Aufgaben[401]

4.2. Grundmodelle

4.2.1. Grundlagen

Wir wollen uns im folgenden mit Entscheidungsmodellen zur strategischen Planung von Job rotation-, Job enlargement- und Job enrichment-Programmen sowie von teilautonomen Arbeitsgruppen beschäftigen.[402] Die wesentliche Funktion solcher Modelle ist in der Strukturierung von Arbeit zu sehen und damit vor allem in der Teilung und Verteilung von Aufgaben. Bei der Aufgabenverteilung geht es zum einen um die Zuordnung von Aufgaben zu Stellen und zum anderen um die Zuordnung von Arbeitskräften zu Stellen, wobei wir in der vorliegenden Arbeit unter Stellen sowohl

[397] Diese Möglichkeit besteht z.B., wenn über (horizontal) erweiterte Aufgaben rotiert wird.

[398] Diese Möglichkeit besteht z.B., wenn über (vertikal) angereicherte Aufgaben rotiert wird.

[399] Diese Möglichkeit besteht, wenn sich über die Arbeitserweiterung die Bedeutsamkeit der Aufgabe für die betroffenen Mitarbeiter erschließt.

[400] Diese Möglichkeit besteht, sofern die Mitbestimmung z.B. in Form teilautonomer Arbeitsgruppen organisiert wird.

[401] Abb. 45 liegt die Annahme der dichotomen und nicht etwa einer graduellen Erfassung der genannten Kerndimensionen zugrunde.

[402] Diese Entscheidungsmodelle „verdeutlichen" die oben angedeutete Interdependenz zwischen der personalwirtschaftlichen Disponibilitäts- und Funktionalitätsproblematik.

solche für einzelne Arbeitskräfte (Arbeitsplätze) als auch solche für Gruppen von Arbeitskräften (Arbeitsgruppen) verstehen. Die zu konstruierenden Entscheidungsmodelle lassen sich somit als Modelle der (isolierten) Stellenplanung oder der simultanen Stellen- und Personalplanung formulieren und im Kern wie folgt charakterisieren*(s. Abb. 46)*.[403]

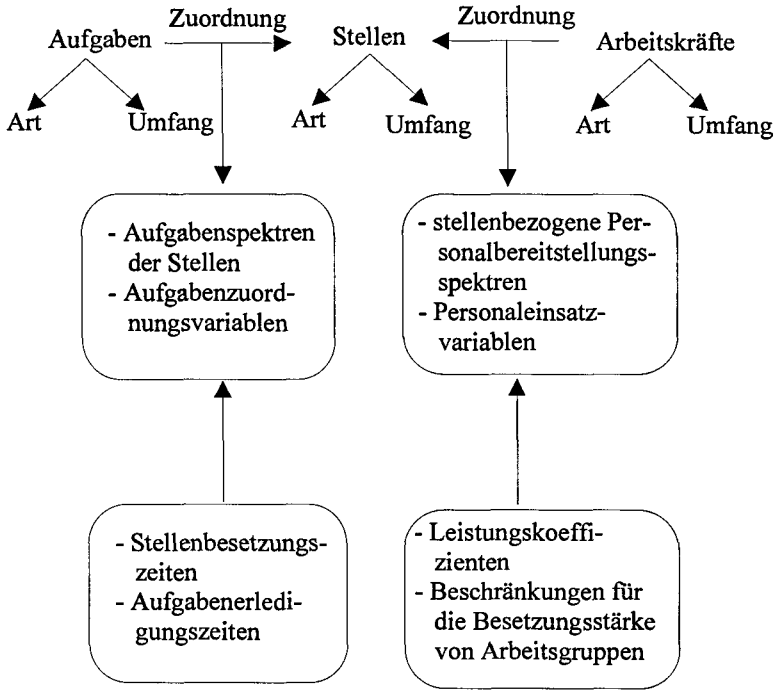


Abb. 46: Wesentliche Modellelemente der strategischen Stellen- und Personalplanung

Wie aus der Abb. 46 ersichtlich, werden sowohl die Aufgaben als auch die Stellen und Arbeitskräfte artmäßig differenziert. Der jeweilige Aufgabenumfang geht als Datum und der Umfang einzurichtender Stellen bzw. bereitzustellender Arbeitkräfte jeweils als Entscheidungsvariable in den Kalkül ein. Eine zentrale Rolle spielen daneben die Zuordnungsvariablen für die Allokation von Aufgaben und Arbeitskräften zu Stellen.

[403] Vgl. zu Entscheidungsmodellen der Stellen- und Personalplanung die grundlegende Arbeit von Kossbiel (1980).

4.2.2. *Ein Grundmodell zur Planung von Job enrichment- und Job enlargement-Programmen*

Bei dem im folgenden zu konstruierenden Grundmodell handelt es sich um ein (wiederum) auf dem Prinzip der flexiblen Planung basierendes und bewußt einfach gehaltenes Entscheidungsmodell, das u.a. der Bestimmung der optimalen Stellenausstattung sowie der optimalen Aufgabenzuordnung dient. Das Modell beruht auf folgenden Annahmen:

1. Aufgabenumfänge, Stellenbesetzungs-, Aufgabenerledigungs- und Koordinationszeiten, Stellenkostensätze sowie Parallelstellenbegrenzungen und Kontrollspannen gehen als (scharfe) Daten in den Kalkül ein. Sie konstituieren alternative Szenarien, über deren Eintritt sich die Planungsinstanz ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil bilden kann[404].
2. Die Unternehmung eruiert, in welchem Ausmaß Job enlargement und Job enrichment betrieben werden soll. Dabei ist zu entscheiden, in welchem Umfang Stellen mit – im Vergleich zum Status quo ante – (horizontal) erweitertem und (vertikal) angereichertem Aufgabenspektrum eingerichtet werden sollen.
3. Die Planungsinstanz ist risikoneutral und orientiert sich am Bernoulli-Prinzip. Sie strebt die Minimierung des Erwartungswertes der Stelleneinrichtungs- und Stellenunterhaltungskosten[405] an.

Zur Formulierung des Modells verwenden wir (zusätzlich zu den bereits definierten) die folgenden Symbole:

Indices und Indexmengen:

$\bar{I} := \{i | i = 1,...,I;\ i \text{ ist eine Stellenart}\}$

$\bar{P} := \{p | p = 1,...,P;\ p \text{ ist ein hierarchischer Rang; mit } p = 1 \text{ als Basisrang}\}$

$I_p := \{i |\ \text{Stellen der Art } i \in \bar{I},\ \text{die auf dem Rang } p \in \bar{P} \text{ angesiedelt sind}\}$

$I_{qp} := \{i |\ \text{Stellen der Art } i \in \bar{I}, \text{die auf dem Rang } p \in \bar{P} \text{ angesiedelt sind und auf denen Aufgaben der Art } q \in \bar{Q} \text{ erledigt werden können}\}$

$Q_{ip} := \{q |\ \text{Aufgaben der Art } q \in \bar{Q}, \text{die auf Stellen der Art } i \in I_p \text{ erledigt werden können}\}$

$I^*_{ip} := \{i^* |\ \text{Stellen der Art } i^* \in \bar{I},\ \text{die Stellen der Art } i \in I_p\ (p \geq 2) \text{ unterstellt werden}$

[404] Diese lassen sich wiederum grundsätzlich in Form eines Zustandbaumes graphisch veranschaulichen.

[405] Zur Operationalisierung solcher Kosten vgl. Spengler (1993, S. 103).

können}

Daten:

$\hat{T}_j$:= Durchschnittliche Stellenbesetzungszeit im Zustand j

t_{i^*pj} := im Zustand j erforderlicher durchschnittlicher Zeitaufwand für die Ausübung der Vorgesetztenfunktion bezüglich einer auf dem Rang p angesiedelten Stelle vom Typ i^*

t_{qipj} := im Zustand j erforderlicher Zeitaufwand für die Erledigung von Aufgaben der Art q auf Stellen der Art $i \in I_p$

δ_{ipj} := (maximale) Anzahl von Stellen, die im Zustand j einer Stelle vom Typ $i \in I_p$ nachgeordnet werden können

A_{qj} := Gesamtumfang zu erledigender Aufgaben der Art q im Zustand j

CK_{ipj} := Kosten der Einrichtung und Unterhaltung von Stellen der Art $i \in I_p$ im Zustand j

$\overline{C}_{ipj}^{\max}$:= maximal zulässige Zahl an (Parallel-) Stellen der Art i auf Rang p im Zustand j

Entscheidungsvariable:

c_{ipj} := Anzahl der im Zustand j einzurichtenden Stellen der Art $i \in I_p$

y_{qipj} := Anteil am Gesamtumfang von Aufgaben der Art q, der im Zustand j auf Stellen vom Typ $i \in I_p$ erledigt werden soll

Mit diesen Symbolen besitzt das gesuchte Grundmodell folgende Gestalt:

Zielfunktion:

$$(Z.14)\quad \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{p \in \overline{P}} \sum_{i \in I_p} CK_{ipj^*} \cdot c_{ipj^*} \rightarrow \min!$$

[Minimiere den Erwartungswert der Stelleneinrichtungs- und -unterhaltungskosten!][406]

[406] Es gilt selbstverständlich wiederum: $\hat{w}_j = \prod_{j^* \in J_j^*} w_{j^*|j^*} \quad \forall j \in J_T \wedge \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j = 1$

Restriktionen:

(R.43) Vollständigkeitsbedingungen für die Aufgabenverteilung:

$$\sum_{p\in\overline{P}}\sum_{i\in I_{qp}} y_{qipj} = 1 \quad \forall j \in \overline{J}, q \in \overline{Q}$$

[Alle Aufgaben sind vollständig auf dafür geeignete Stellen, die auf verschiedenen hierarchischen Rängen angesiedelt sind, zu verteilen]

(R.44) Abstimmung von Bedarf an und Ausstattung mit Basisstellen:

$$\frac{1}{\hat{T}_j}\cdot \sum_{q\in Q_{ip}} t_{qipj}\cdot A_{qj}\cdot y_{qipj} \le c_{ipj} \quad \forall j \in \overline{J}, p = 1, i \in I_p$$

[Auf der untersten Hierarchieebene sind mindestens so viele Stellen zu implementieren (c_{ipj}), wie zur Erledigung der für diesen Level vorgesehenen Aufgaben benötigt werden $\left(\frac{1}{\hat{T}_j}\cdot \sum_{q\in Q_{ip}} t_{qipj}\cdot A_{qj}\cdot y_{qipj}\right)$.]

(R.45) Abstimmung von Bedarf an und Ausstattung mit Vorgesetztenstellen:

$$\frac{1}{\hat{T}_j}\left(\sum_{q\in Q_{ip}} t_{qipj}\cdot A_{qj}\cdot y_{qipj} + \sum_{i^*\in I^*_{ip}} t_{i^*,p-1,j}\cdot c_{i^*,p-1,j}\right) \le c_{ipj}$$

$$\forall j \in \overline{J}, p \ge 2, i \in I_p$$

[Es sind mindestens so viele Vorgesetztenstellen zu implementieren, wie zur Erledigung der für diese Stellen vorgesehenen Aufgaben benötigt werden. Dabei betrifft $\frac{1}{\hat{T}_j}\cdot \sum_{q\in Q_{ip}} t_{qipj}\cdot A_{qj}\cdot y_{qipj}$ die auf Stellen vom Typ i zu erledigenden operativen Aufgaben und $\frac{1}{\hat{T}_j}\cdot \sum_{i^*\in I^*_{ip}} t_{i^*,p-1,j}\cdot c_{i^*,p-1,j}$ die Vorgesetztenfunktion.]

(R.46) Kontrollspannenrestriktionen:

$$\sum_{i^*\in I^*_{ip}} c_{i^*,p-1,j} \le \delta_{ipj}\cdot c_{ipj} \quad \forall j \in \overline{J}, p \ge 2, i \in I_p$$

[Die optimale Anzahl an Leitungsstellen hängt davon ab, wie viele Stellen einer Vorgesetztenstelle direkt unterstellt werden können.]

(R.47) Parallelstellenrestriktionen:

$$c_{ipj} \leq \overline{C}_{ipj}^{\max} \quad \forall j \in \overline{J}, p \in \overline{P}, i \in I_p$$

[Die Möglichkeiten der Stelleneinrichtung sind nach oben beschränkt.]

(R.48) Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingungen für die Stellenausstattungsvariablen:

$$c_{ipj} \in \mathrm{IN}_0 \quad \forall j \in \overline{J}, p \in \overline{P}, i \in I_p$$

(R.49) Nichtnegativitätsbedingungen für die Aufgabenzuordnungsvariablen:

$$y_{qipj} \geq 0 \quad \forall j \in \overline{J}, p \in \overline{P}, i \in I_p, q \in \overline{Q}$$

Zu den zentralen Größen dieses Modells zählen (u.a.) die Aufgabenspektren Q_{ip} *(1)*, die Aufgabenerledigungszeiten t_{qipj} *(2)* und die Aufgabenzuordnungsvariablen y_{qipj} *(3)*.

Ad (1): Über die Aufgabenspektren Q_{ip} werden die Möglichkeiten der horizontalen Aufgabenerweiterung und der vertikalen Aufgabenanreicherung abgesteckt. Geht man (im status quo ante) beispielsweise von den in *Tab. 22a* exemplarisch angegebenen Zuordnungsmöglichkeiten aus, dann könnte sich job enlargement z.B. durch die in *Tab. 22b* aufgeführten Spektren Q_{41}, Q_{51} und Q_{61} grundsätzlich realisieren lassen.

	p=1		
	i=1	i=2	i=3
q=1	×	-	-
q=2	-	×	-
q=3	-	-	×
Q_{ip}	Q_{11}	Q_{21}	Q_{31}

Tab. 22a: Aufgabenspektren

	p=1		
	i=4	i=5	i=6
q=1	×	×	-
q=2	×	-	×
q=3	-	×	×
Q_{ip}	Q_{41}	Q_{51}	Q_{61}

Tab. 22b: Aufgabenspektren bei job enlargement

Job enrichment kommt demgegenüber dadurch zum Ausdruck, daß Aufgaben, die im status quo ante lediglich auf einem hierarchischen Rang p' erledigt werden können, auch Stellen zuzuweisen sind, die einem Rang $p^* < p'$ angehören.

Ad (2): Wir haben bereits darauf hingewiesen, daß bei der Entwicklung und Evaluierung von Strategien zur Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen die personellen Bedürfniskonfigurationen zu berücksichtigen sind. Diese lassen sich im Grundmodell durch die Aufgabenerledigungszeiten t_{qipj} repräsentieren, und zwar z.B. dann, wenn durch eine höhere Bedürfniskompatibilität der Aufgabenzuweisung diese Zeiten - aufgrund einer aus job enlargement oder job enrichment resultierenden Motivations- und Zufriedenheitssteigerung - sinken.[407]

Ad (3): Ob die o.g. Effekte tatsächlich realisiert werden können, hängt maßgeblich von den konkreten Ausprägungen der Aufgabenzuordnungsvariablen y_{qipj} ab. Wird z.B. das in *Tab. 22b* angegebene Aufgabenspektrum Q_{41} der Modellformulierung zugrundegelegt, dann bedeutet dies selbstverständlich nicht zwangsläufig, daß die beiden Aufgabenarten q=1 und q=2 Stelle i=4 auch zugewiesen werden. Durch eine Integration geeigneter Aufgabenvielfaltsbedingungen läßt sich diese Zuweisung jedoch sicherstellen.[408]

4.2.3. Ein Grundmodell zur Planung von Job rotation-Programmen

Im folgenden wollen wir ein Modell konstruieren, das (u.a.) der Ermittlung optimaler Positionssequenzen dient. Da es sich um ein strategisches Planungsmodell handelt, das Freiheitsgrade für spätere Detailplanungen gewährleisten soll, wird die Stellenplanung simultan mit der Generierung des Rotationsprogramms vorgenommen.[409] Das Modell beruht im wesentlichen auf folgenden Annahmen:

1. Aufgabenumfänge, Aufgabenerledigungs- und Beschäftigungszeiten von Personal, Leistungskoeffizienten, Gehalts- und Stellenkostensätze sowie Parallelstellenbegrenzungen gehen als (scharfe) Daten in den Kalkül ein. Sie konstituieren alternative Szenarien, über deren Eintritt sich die Planungsinstanz ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil bilden kann[410].
2. Die Unternehmung verfügt zu Beginn der ersten Periode über eine gegebene Anfangsausstattung mit Personal, die während des Planungszeitraums lediglich durch Einstellungen und Entlassungen (aktiv) verändert werden kann und keinen autonomen Änderungen unterliegt.

---

[407] Darüber hinaus können durch Reduktionen der korrespondierenden Stellenbedarfe möglicherweise auch entprechende Kostensenkungen realisiert werden.

[408] Vgl. Kossbiel (1980, S. 8) und Spengler (1993, S. 108 f.).

[409] Vgl. Abschnitt C.2.1. (S. 73 ff.) der vorliegenden Arbeit. Eine (sukzessive) Vorgehensweise, bei der zunächst die Stellenplanung vorgenommen und anschließend das Rotationsprogramm geplant würde, könnte keinesfalls zu besseren – mit hoher Wahrscheinlichkeit jedoch zu suboptimalen – Ergebnissen führen.

[410] Diese lassen sich wiederum grundsätzlich in Form eines Zustandbaumes graphisch veranschaulichen.

3. Den Arbeitskräften sollen Positionssequenzen zugewiesen werden. Diese Zuweisung geschieht jedoch nicht beliebig, sondern auf der Basis vorab festgelegter Rotationsmuster. Die Realisierung der verschiedenen Rotationsmuster ist abhängig von der Qualifikation der Arbeitskräfte und von der tatsächlich eintretenden Zustandsfolge (Prinzip der flexiblen Planung).
4. Die Planungsinstanz ist risikoneutral und orientiert sich am Bernoulli-Prinzip. Die Zielfunktion sieht die Minimierung des Erwartungswertes der Gehalts- und Stellenkosten vor.

Zur Formulierung des Modells verwenden wir (zusätzlich zu den bereits definierten) die folgenden Symbole:

Indices und Indexmengen:

J_t := Menge der Umweltzustände im Entscheidungszeitpunkt t

j^- := direkter Vorgänger von Zustand j

R_i := die Menge aller Arbeitskräfte der Art $r \in \overline{R}$, die auf Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$ eingesetzt werden können

I_r := die Menge aller Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$, auf denen Arbeitskräfte der Art $r \in \overline{R}$ eingesetzt werden können

I_q := die Menge aller Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$, auf denen Tätigkeiten der Art $q \in \overline{Q}$ erledigt werden können

Q_i := die Menge aller Tätigkeiten der Art $q \in \overline{Q}$, die auf Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$ erledigt werden können

M := hinreichend große Zahl

Daten:

t_{qij} := im Zustand j erforderlicher Zeitaufwand für die Erledigung von Aufgaben der Art q auf Stellen der Art i

α_{ri} := Leistungsfaktor von Arbeitskräften der Art $r \in \overline{R}$ auf Stellen der Art $i \in \overline{I}$ (Quotient aus Ist- und Soll-Arbeitsproduktivität)

$\overline{H}_{rj}^{\max}$:= Rekrutierungspotential an Arbeitskräften der Art r im Zustand j

$\overline{F}_{rj}^{\max}$:= Entlassungsobergrenze für Arbeitskräfte der Art r im Zustand j

$\overline{C}_{ij}^{\max}$:= maximal zulässige Zahl an (Parallel-) Stellen der Art i im Zustand j

GK_{rij} := Gehaltskosten von Arbeitskräften der Art r auf Stellen vom Typ i im Zustand j

CK_{ij} := Kosten der Einrichtung und Unterhaltung von Stellen der Art i im Zustand j

PA_{r0} := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art r

Entscheidungsvariable:

c_{ij} := Anzahl der im Zustand j einzurichtenden Stellen der Art i

PE_{rij} := Anzahl der im Zustand j auf Stellen der Art i eingesetzten Mitarbeiter der Art r

h_{rj} := Anzahl der im Zustand j einzustellenden Mitarbeiter der Art r

f_{rj} := Anzahl der im Zustand j zu entlassenden Mitarbeiter der Art r

y_{qij} := Anteil am Gesamtumfang von Aufgaben der Art q, der im Zustand j auf Stellen vom Typ i erledigt werden soll

u_{rij} := Binärvariable, die den Wert 1 (bzw. 0) annimmt, wenn im Zustand j auf Stellen der Art i Mitarbeiter der Art r eingesetzt (bzw. nicht eingesetzt) werden

Unter Rückgriff auf die oben definierten Symbole besitzt das gesuchte Grundmodell folgende Gestalt:

Zielfunktion

$$(Z.15)\quad \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{i\in I} \left(CK_{ij^*} \cdot c_{ij^*} + \sum_{r\in R_i} GK_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \right) \rightarrow \min!$$

[Minimiere den Erwartungswert der Stelleneinrichtungs- und Stellenunterhaltungskosten sowie der Gehaltskosten!][411]

Restriktionen:

(R.50) Vollständigkeitsbedingungen für die Aufgabenverteilung:

$$\sum_{i\in I_q} y_{qij} = 1 \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$$

[Alle Aufgaben sind vollständig auf Stellen zu verteilen]

[411] Es gilt selbstverständlich wiederum: $\hat{w}_j = \prod_{j^*\in J_j^*} w_{j^*|j^*-} \quad \forall j \in J_T \wedge \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j = 1$

(R.51) Restriktionen zur Abstimmung von stellenbezogenem Personalbedarf und Personaleinsatz:

$$\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q \in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} \leq \sum_{r \in R_i} \alpha_{ri} \cdot PE_{rij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

[Der stellenbezogene Personalbedarf $\left(\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q \in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} \right)$ ist durch den Einsatz hinreichend geeigneten Personals $\left(\sum_{r \in R_i} \alpha_{ri} \cdot PE_{rij} \right)$ zu decken. Es ist unmittelbar einsichtig, daß Leistungsfaktoren mit Werten größer (bzw. kleiner) als Eins die Summe der einzusetzenden Mitarbeiter verringert bzw. erhöht.]

(R.52) Restriktionen zur Abstimmung von Personaleinsatz und Stellenausstattung:

$$\sum_{r \in R_i} PE_{rij} \leq c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

[Es kann nicht mehr Personal zum Einsatz vorgesehen werden, als Stellen vorhanden sind.]

(R.53) Restriktionen zur Abstimmung von Personaleinsatz und Personalausstattung:

$$\sum_{i \in I_r} PE_{rij} \leq PA_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

[Es müssen mindestens soviele Arbeitskräfte bereitgestellt werden, wie eingesetzt werden sollen.]

(R.54a)-(R.54b) Rotationsbedingungen:

(R.54a) $PE_{rij} \leq M \cdot u_{rij} \quad \forall t = 2,3,...,T, j \in J_t, i \in \bar{I}, r \in R_i$

(R.54b) $PE_{rij\_} \leq M \cdot (1 - u_{rij}) \quad \forall t = 2,3,...,T, j \in J_t, i \in \bar{I}, r \in R_i$

[Arbeitskräfte der Art r, denen in Zustand j eine Stelle vom Typ i zugewiesen wird $(u_{rij} = 1)$, müssen im Vorgängerzustand auf anderen Stellen eingesetzt worden sein $(\Rightarrow PE_{rij\_} = 0)$.]

(R.55) Gleichungen zur Fortschreibung der Personalausstattung:

$$PA_{rj} = PA_{rj-} + h_{rj} - f_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R} \qquad (\text{mit } PA_{r0} \equiv \text{Datum})$$

[Die Ausstattung mit Arbeitskräften im betrachteten Umweltzustand ergibt sich aus der Ausstattung im Vorgängerzustand zuzüglich der aktuellen Einstellungen und abzüglich der aktuellen Entlassungen.]

(R.56) Restriktionen für die Rekrutierungsmöglichkeiten:

$$h_{rj} \leq \bar{H}_{rj}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

[Die Einstellungsmöglichkeiten sind nach oben beschränkt.]

(R.57) Restriktionen für die Entlassungsmöglichkeiten:

$$f_{rj} \leq \bar{F}_{rj}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

[Die Entlassungsmöglichkeiten sind nach oben beschränkt.]

(R.58) Parallelstellenrestriktionen:

$$c_{ij} \leq \bar{C}_{ij}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

[Die Möglichkeiten der Stelleneinrichtung sind nach oben beschränkt.]

(R.59) Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingungen für die Stellenausstattungsvariablen:

$$c_{ij} \in \mathrm{IN}_0 \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

(R.60) Nichtnegativitätsbedingungen für die Aufgabenzuordnungsvariablen:

$$y_{qij} \geq 0 \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}, q \in \bar{Q}$$

(R.16b) Nichtnegativitätsbedingungen für die Personalausstattungsvariablen:

$$PA_{rj} \geq 0 \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

(R.16g) Nichtnegativitätsbedingungen für die Personaleinsatzvariablen:

$$PE_{rij} \geq 0 \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, i \in I_r$$

4.2.4. Ein Grundmodell zur Planung von teilautonomen und fremdkoordinierten Arbeitsgruppen

Bei dem im folgenden zu konstruierenden Grundmodell handelt es sich um ein (wiederum) auf dem Prinzip der flexiblen Planung basierendes und bewußt einfach gehaltenes Entscheidungsmodell, durch das u.a. die optimale Stellen- und Personalausstattung sowie die optimale Aufgaben- und Arbeitskräfteallokation bestimmt werden

können. Bei den im Modell betrachteten Stellentypen handelt es sich um teilautonome und fremdkoordinierte Arbeits*gruppen* einerseits sowie um Vorgesetzten*stellen* andererseits. Das Modell beruht im wesentlichen auf folgenden Annahmen:

1. Aufgabenumfänge, Aufgabenerledigungs- und Koordinationszeiten, Beschäftigungszeiten von Personal, Leistungs- und Arbeitseinstellungskoeffizienten, Gehaltskostensätze, Koeffizienten für die Besetzungsstärke von Arbeitsgruppen, Parallelstellenbegrenzungen und Fluktuationsraten gehen als (scharfe) Daten in den Kalkül ein. Sie konstituieren alternative Szenarien, über deren Eintritt sich die Planungsinstanz ein exaktes Wahrscheinlichkeitsurteil bilden kann[412].
2. Die Unternehmung verfügt zu Beginn der ersten Periode über eine gegebene Anfangsausstattung mit Personal, die während des Planungszeitraums lediglich durch Einstellungen und Entlassungen (aktiv) verändert werden kann und außer Fluktuationseffekten keinen weiteren autonomen Änderungen unterliegt. Aus Vereinfachungsgründen gehen wir zudem davon aus, daß Arbeitskräfte, die über dieselben Qualifikationen verfügen, auch dieselben Arbeitseinstellungen aufweisen.
3. Die Unternehmung möchte Arbeitsgruppen implementieren, sofern sich deren Einrichtung als ökonomisch sinnvoll erweist. Es ist somit zu entscheiden, in welchem Umfang teilautonome Arbeitsgruppen (ohne gesonderte Koordinationsinstanz) und in welchem Umfang fremdkoordinierte Arbeitsgruppen (mit vorgesetzter Koordinationsinstanz) installiert werden sollen.[413] Jede fremdkoordinierte Arbeitsgruppe wird genau einem Vorgesetzten unterstellt. Dieser ist mit der Erfüllung von Koordinationsaufgaben voll ausgelastet.
4. Die Planungsinstanz ist risikoneutral und orientiert sich am Bernoulli-Prinzip. Das Modell wird als Ansatz der Fuzzy-Vektoroptimierung formuliert, so daß die Maximierung der Zufriedenheit mit einem Kompromiß zwischen zwei Teilzielen angestrebt wird. Die erste Teilzielfunktion sieht die Minimierung des Erwartungswertes der Gehaltskosten[414], die zweite Teilzielfunktion sieht die Maximierung des Erwartungswertes positiver Arbeitseinstellungen[415] vor.

---

[412] Diese lassen sich wiederum grundsätzlich in Form eines Zustandbaumes graphisch veranschaulichen.

[413] Teilautonome Arbeitsgruppen haben also sowohl operative als auch koordinierende Aufgaben zu erfüllen, während fremdkoordinierte Arbeitsgruppen lediglich operative Tätigkeiten erledigen.

[414] Kosten der Stelleneinrichtung- und –unterhaltung fallen annahmegemäß nicht an. Zu Modellen, in denen solche Kosten in Ansatz gebracht werden vgl. Kossbiel (1980) sowie Spengler (1993, S. 103 ff.).

[415] Die Arbeitseinstellung wird - in Anlehnung an die in Weg-Ziel-Theorien der Motivation verwendeten Instrumentalitätsvariablen [vgl. z.B. Neuberger (1976)] - über Koeffizienten modelliert, die auf das Intervall [-1,1] normiert sind und somit positive wie negative Einstellungen zur Arbeit zum Ausdruck bringen können.

Zur Formulierung des Modells verwenden wir (zusätzlich zu den bereits definierten) die folgenden Symbole:

Indices und Indexmengen:

$\bar{I} := \left\{ i \middle| i = 1,...,\hat{I}-1,\hat{I},\hat{I}+1,...,\check{I}-1,\check{I},\check{I}+1,...I \right\}$ Menge der Stellenarten

$\bar{I}^a := \left\{ i \middle| i = 1,...,\hat{I}-1,\hat{I} \right\}$ Menge der teilautonomen Arbeitsgruppen

$\bar{I}^f := \left\{ i \middle| i = \hat{I}+1,...,\check{I}-1,\check{I} \right\}$ Menge der fremdkoordinierten Arbeitsgruppen

$\bar{I}^v := \left\{ i \middle| i = \check{I}+1,...I \right\}$ Menge der Vorgesetztenstellen

$I_i^* := \left\{ i^* \middle| \text{Arbeitsgruppen der Art } i^* \in \bar{I}^f \text{ werden Vorgesetztenstellen der Art } i \in \bar{I}^v \text{ untergeordnet} \right\}$

Daten:

t_{ij}^* := im Zustand j erforderlicher Zeitaufwand für die Koordination von Gruppen der Art i

α_{rij} := Leistungsfaktor von Arbeitskräften der Art r in Arbeitsgruppen der Art i im Zustand j (Quotient aus Ist- und Soll-Arbeitsproduktivität)

β_{rij} := Arbeitseinstellungskoeffizient von Arbeitskräften der Art r auf Stellen der Art i im Zustand j (normiert auf das Intervall [-1,1], wobei negative bzw. positive Werte negative bzw. positive Arbeitseinstellungen zum Ausdruck bringen)

γ_{rj} := Fluktuationsrate von Arbeitskräften der Art r im Zustand j

ε_{ij} := (maximale) Anzahl von Mitgliedern einer Arbeitsgruppe der Art i im Zustand j

Mit diesen Symbolen besitzt das gesuchte Grundmodell folgende Gestalt:

Zielfunktionsvektor:

$$(Z.16)\quad \begin{bmatrix} \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} -GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \\ \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} \sum_{i\in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \end{bmatrix} \rightarrow \max!$$

[Minimiere den Erwartungswert der Gehaltskosten und maximiere den Erwartungswert der Arbeitseinstellungen!][416]

Restriktionen: (R.16b), (R.16g), (R.50), (R.53), (R.56), (R.57), (R.59), (R.60) sowie

(R.61) Restriktionen zur Abstimmung von Personalbedarf und Personaleinsatz in teilautonomen Arbeitsgruppen:

$$\frac{1}{\hat{T}_j}\left(\sum_{q\in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} + t_{ij}^* \cdot c_{ij}\right) \leq \sum_{r\in R_i} \alpha_{rij} \cdot PE_{rij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^a$$

[Die teilautonomen Arbeitsgruppen sind derart mit Arbeitskräften zu besetzen, daß der Personalbedarf zur Erledigung operativer Aufgaben $\left(\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q\in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij}\right)$ sowie zur Erfüllung von Koordinationstätigkeiten $\left(\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot t_{ij}^* \cdot c_{ij}\right)$ gedeckt wird.]

(R.62) Restriktionen zur Abstimmung von Personalbedarf und Personaleinsatz in fremdkoordinierten Arbeitsgruppen:

$$\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q\in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} \leq \sum_{r\in R_i} \alpha_{rij} \cdot PE_{rij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^f$$

[Die fremdkoordinierten Arbeitsgruppen sind derart mit Arbeitskräften zu besetzen, daß der Personalbedarf zur Erledigung operativer Aufgaben $\left(\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q\in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij}\right)$ gedeckt wird.]

[416] Es gilt selbstverständlich wiederum: $\hat{w}_j = \prod_{j^*\in J_j^*} w_{j^*|j^*-} \quad \forall j \in J_T \wedge \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j = 1$

(R.63) Restriktionen für die Gruppenstärke:

$$\sum_{r \in R_i} PE_{irj} \leq \varepsilon_{ij} \cdot c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^f, i \in \bar{I}^a$$

[Jede Arbeitsgruppe kann aus maximal ε_{ij} Mitgliedern bestehen.]

(R.64a)-(R.64b) Restriktionen für die Einrichtung von Vorgesetztenstellen:

$$(R.64a) \sum_{r \in R_i} PE_{rij} = c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^v$$

[Jede eingerichtete Vorgesetztenstelle ist zu besetzen.]

$$(R.64b)\, c_{i^* j} = c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^v, i^* \in I_i^*$$

[Jeder fremdkoordinierten Arbeitsgruppe ist eine Vorgesetztenstelle zuzuordnen.]

(R.65) Gleichungen zur Fortschreibung der Personalausstattung:

$$PA_{rj} = \left(1 - \gamma_{rj-}\right) \cdot PA_{rj-} + h_{rj} - f_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R} \qquad (\text{mit } PA_{r0} \equiv \text{Datum})$$

[Die Personalausstattung im betrachteten Umweltzustand ergibt sich aus der (um Fluktuation korrigierten) Personalausstattung im Vorgängerzustand zuzüglich aller Einstellungen und abzüglich aller Entlassungen (jeweils im entsprechenden Entscheidungszeitpunkt).]

(R.66) Restriktionen für die Einrichtung von Parallelgruppen:

$$c_{ij} \leq \bar{C}_{ij}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^a, i \in \bar{I}^f$$

[Die Möglichkeiten der Einrichtung von Parallelgruppen sind nach oben beschränkt.]

Dieses Modell ist aufgrund des Zielfunktionsvektors*(Z.16)* nicht direkt mit Methoden der klassischen gemischt-ganzzahligen Optimierung lösbar. Zur Bewältigung von Vektoroptimierungsproblemen bietet das Operations Research jedoch (vor allem drei) Lösungswege an:[417] Ein erster liegt in der Verwendung von Goalprogramming-Ansätzen, die mit sog. Abstandsfunktionen arbeiten.[418] Eine zweite Klasse von Ansätzen sind die klassischen Nutzenmodelle, bei denen die Teilzielfunktionen über Gewichtungsfaktoren und Aggregationsoperatoren zu einer übergeordneten Nutzenfunktion zusammengefaßt werden.[419] Im Rahmen sog. interaktiver Verfahren wird die übergeordnete Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers im Laufe des Lösungsprozesses al-

[417] Vgl. z.B. Reimers (1985) sowie Zimmermann (1976).
[418] Vgl. z.B. Charnes/Cooper (1961).
[419] Vgl. z.B. Churchman/Ackoff (1954).

gorithmisch bestimmt, so daß er nicht gezwungen ist, sich ex ante auf eine bestimmte Präferenzfunktion festzulegen.[420] Zur Lösung des obigen Entscheidungsproblems wollen wir ein auf der Fuzzy Set-Theorie basierendes (interaktives) Nutzenmodell formulieren, das sich relativ einfach konstruieren läßt und darüber hinaus zur Einbeziehung vager Informationen geeignet ist. Wir beziehen uns dabei auf das von Rommelfanger konzipierte Verfahren „MOLPAL“:[421]

Über zwei Hilfsmodelle werden zunächst untere und obere Grenzen für die Ausprägungen der beiden Teilzielfunktionen des Vektors *(Z.16)* bestimmt. Das Hilfsmodell HI, mit der

Zielfunktion:

$$(Z.17)\quad \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \rightarrow \text{min! sowie den}$$

Restriktionen: (R.16b), (R.16g), (R.50), (R.53), (R.56), (R.57), (R.59)-(R.66),

liefert den minimalen Erwartungswert der Gehaltskosten ($\underline{z}_1$) und über das Hilfsmodell HII, mit der

Zielfunktion:

$$(Z.18)\quad \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} \sum_{i\in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \rightarrow \text{max! sowie den}$$

Restriktionen: (R.16b), (R.16g), (R.50), (R.53), (R.56), (R.57), (R.59)-(R.66),

erhalten wir den maximalen Erwartungswert der Arbeitseinstellungen ($\bar{z}_2$). Setzt man man die über HI bzw. HII generierte optimale Variablenkonstellation in die Zielfunktion *(Z.18)* bzw. *(Z.17)* ein, so gelangt man zu der oberen Schranke für den Erwartungswert der Gehaltskosten ($\bar{z}_1$) bzw. zu der unteren Schranke für den Erwartungswert der Arbeitseinstellungen ($\underline{z}_2$). Sofern die Werte $\underline{z}_1$ und $\bar{z}_1$ einerseits sowie die Werte $\underline{z}_2$ und $\bar{z}_2$ andererseits differerieren, liegt ein Zielkonflikt vor. Für die Nutzenbewertung alternativer Kompromißlösungen können die jeweiligen unteren und oberen Schranken dann wie folgt verwendet werden: Da man die Ausprägung $\bar{z}_1$ (bzw. $\underline{z}_2$) auf jeden Fall, d.h. auch bei Verzicht auf Minimierung des Erwartungswertes der Gehaltskosten (bzw. Maximierung des Erwartungswertes der Arbeitseinstellungen) realisieren kann, sollte dieser der geringste Nutzenwert beigemessen werden. Demgegenüber ist den isolierten Optima $\underline{z}_1$ und $\bar{z}_2$ jeweils der höchste Nutzenwert zuzuweisen. Man kann auf dieser Basis die unscharfen Mengen

---

[420] Vgl. z.B. Fandel (1972) und Isermann (1979).

[421] Vgl. Rommelfanger (1994). Zu Anwendungen im Bereich der Organisations- und Personalplanung vgl. Spengler (1993).

$$\tilde{Z}_{GK} := \left\{ \left(\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*}; \mu_{\tilde{Z}_{GK}} \left(\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \right) \right) \right\}$$

und

$$\tilde{Z}_{\beta} := \left\{ \left(\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{i \in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*}; \mu_{\tilde{Z}_{\beta}} \left(\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{i \in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \right) \right) \right\}$$

konstruieren, wobei die Planungsinstanz über die Zugehörigkeitsfunktion $\mu_{\tilde{Z}_{GK}}$ bzw. $\mu_{\tilde{Z}_{\beta}}$ den Grad ihrer Zufriedenheit mit alternativen Ausprägungen der Zielfunktion *(Z.17)* bzw. *(Z.18)* zum Ausdruck bringt. Sie handelt bei der Konstruktion dieser beiden Zugehörigkeitsfunktionen auf jeden Fall dann rational, wenn sie den Zugehörigkeitswert

0 für $\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \geq \bar{z}_1$ bzw.

$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{i \in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \leq \underline{z}_2$

und den Zugehörigkeitswert

1 für $\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \leq \underline{z}_1$ bzw.

$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{i \in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \geq \bar{z}_2$

vergibt. Für den Verlauf der Zugehörigkeitsfunktionen in den Intervallen $]\underline{z}_1, \bar{z}_1[$ bzw. $]\underline{z}_2, \bar{z}_2[$ stehen mit linearen, stückweise-linearen und nicht-linearen Funktionen vielfältige Formen zur Auswahl.[422] Wir greifen hier jedoch aus Vereinfachungsgründen lediglich auf lineare Zugehörigkeitsfunktionen zurück. Die Funktionen $\mu_{\tilde{Z}_{GK}}$ und $\mu_{\tilde{Z}_{\beta}}$ lassen sich dann präzisieren zu

[422] Vgl. Spengler (1993, S. 37 ff.) und die dort angegebene Literatur.

$$\mu_{\tilde{Z}_{GK}}(E_1)=\begin{cases}0 \text{ für } E_1>\bar{z}_1\\ 1-\dfrac{E_1-\underline{z}_1}{\bar{z}_1-\underline{z}_1} \text{ für } \bar{z}_1\geq E_1>\underline{z}_1\\ 1 \text{ für } \underline{z}_1\geq E_1\end{cases}$$

$$\text{mit } E_1 := \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}} GK_{rj^*}\cdot PA_{rj^*} \qquad (R.67) \text{ und}$$

$$\mu_{\tilde{Z}_{\beta}}(E_2)=\begin{cases}0 \text{ für } E_2<\underline{z}_2\\ \dfrac{E_2-\underline{z}_2}{\bar{z}_2-\underline{z}_2} \text{ für } \underline{z}_2\leq E_2<\bar{z}_2\\ 1 \text{ für } \bar{z}_2\leq E_2\end{cases}$$

$$\text{mit } E_2 := \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}}\sum_{i\in I_r}\beta_{rij^*}\cdot PE_{rij^*} \qquad (R.68)$$

Zwecks Generierung der optimalen Kompromißlösung ist – wie bereits bei den obigen Modellen der fuzzy linearen Programmierung – der Gesamtnutzen der Problemlösung zu maximieren. Dieser mit π bezeichnete Gesamtnutzen ist nach dem Zadehschen Symmetrieprinzip definiert als der Durchschnitt aus Zielen und Restriktionen. Wählt man – wie bereits bei den oben formulierten Ansätzen der Fuzzy-Optimierung - den Minimumoperator als Aggregationsoperator für die Durchschnittsbildung, dann lautet das gesuchte Kompromißprogramm unter den genannten Annahmen wie folgt:

Zielfunktion:

(Z.12) $\pi \rightarrow \max!$

[Maximiere das Niveau der Zufriedenheit bzgl. der zu ermittelnden Kompromißlösung!]

Restriktionen: (R.16b), (R.16f), (R.16g), (R.50), (R.53), (R.56), (R.57), (R.59)-(R.66) sowie

$$(R.69) \qquad \pi \leq \mu_{\tilde{Z}_{GK}}\left(\sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}} GK_{rj^*}\cdot PA_{rj^*}\right)$$

$$(R.70) \qquad \pi \leq \mu_{\tilde{Z}_{\beta}}\left(\sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}}\sum_{i\in I_r}\beta_{rij^*}\cdot PE_{rij^*}\right)$$

Die Restriktionen *(R.69)* und *(R.70)* können dann noch umgeformt werden zu:

$$(R.71)\quad (\bar{z}_1 - \underline{z}_1)\cdot\pi + \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}} GK_{rj^*}\cdot PA_{rj^*} \le \bar{z}_1 \text{ und}$$

$$(R.72)\quad (\bar{z}_2 - \underline{z}_2)\cdot\pi - \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}}\sum_{i\in I_r}\beta_{rij^*}\cdot PE_{rij^*} \le -\underline{z}_2$$

4.3. Modellkritik

Auch die im vorliegenden Abschnitt formulierten Modelle der Planung von Strategien zur Schaffung angemessener Arbeitsstrukturen sind vielfältigen Variationen zugänglich. Wir wollen hier insgesamt vier Erweiterungsmöglichkeiten skizzieren:

(1) Die drei Modelle basieren durchgängig auf der Annahme einer scharfen Datengrundlage bei exakten Wahrscheinlichkeitsurteilen. Wie bereits oben mehrfach ausgeführt, kann der Realitätsgehalt der Modelle durch entsprechende „Lockerungen" dieser Prämisse - wenngleich zum Preis einer höheren Modellkomplexität – gesteigert werden.

(2) Eine zentrale Rolle spielen jeweils die verwendeten Aufgabenzuordnungsvariablen *(y)*. Für diese Variablen haben wir stets neben der Vollständigkeits- (lediglich) die Nichtnegativitätsbedingung gefordert, was dazu führt, daß „dem Modell" die Wahl der Aufgabendifferenzierung überlassen wird. Durch die Verwendung geeigneter Restriktionen für y kann jedoch auch rein funktionale, rein segmentale oder gemischte Differenzierung für verschiedene Aufgaben vorgesehen werden. Darüber hinaus lassen sich zusätzliche Bedingungen für die Aufgabenvielfalt und –verträglichkeit formulieren.[423]

(3) Bei dem in Abschnitt D.4.2.3. formulierten Modell werden relativ schlichte Rotationsbedingungen *(R.54)* in Ansatz gebracht. Auch diesbezüglich sind Variationen denkbar, z.B. durch Integration des Karrierepfadkonzeptes,[424] für dessen Verwendung in flexiblen Planungsmodellen allerdings zusätzliche Forschungsarbeiten erforderlich sind.

(4) Bei allen Modellen gehen wir davon aus, die Entscheidungen über die organisatorische Rahmenstruktur seien vorab gefällt worden. Der „strategische Charakter" der Modelle könnte durch die Integration einer simultanen Organisationsstrukturplanung sicherlich verstärkt werden.[425]

[423] Vgl. Kossbiel (1980) sowie Spengler (1993, S. 107 ff.).
[424] Vgl. z.B. Kossbiel/Spengler (1995).
[425] Vgl. Spengler (1993, S. 136 ff.).

E. Resümee

Die vorliegende Arbeit ist neben den einführenden Bemerkungen (in Kap. A) und den konzeptionellen Vorüberlegungen (in Kap. B.) vor allem den terminologischen sowie methodischen Grundlagen (Kap. C.) und der Formulierung von Entscheidungsmodellen der strategischen Personalplanung gewidmet (Kap. D.). Da sich die einschlägige Literatur bereits umfänglich mit Problemen der Analyse des strategischen Umfelds auseinandergesetzt hat,[426] liegt der Schwerpunkt unserer Überlegungen auf dem Gestaltungsaspekt und damit auf der Fragestellung, wie ökonomisch legitimierbare Personalstrategien generiert, bewertet und ausgewählt werden können.

Als Spezifika der strategischen Planung haben wir das (relativ) hohe Maß an Kontingenz, Dynamik und Komplexität des strategischen Umfeldes herausgestellt, zu deren Behandlung wir im wesentlichen auf drei zentrale methodische Bausteine zurückgreifen:[427]

1. Das hohe Maß an Kontingenz bedeutet, daß die erforderlichen Informationen oft nicht mit der Präzision vorliegen, wie sie für eine Anwendung traditioneller entscheidungstheoretischer Kalküle erforderlich wäre. Da uns eine „artifizielle" (scheinbare) Präzisierung unpräziser Informationen nicht sinnvoll erscheint, schlagen wir vor, dem Erfordernis der Verarbeitung vager (d.h. unsicherer und unscharfer) Informationen durch Rückgriff auf die Fuzzy-Maß- und die Fuzzy-Mengentheorie nachzukommen. Die Kombination von LPI- und Fuzzy Set-Theorie stellt dabei u.E. einen Weg dar, den zu beschreiten es sich besonders lohnen wird.
2. Das hohe Maß an Dynamik führt dazu, daß robuste Strategien zu entwickeln sind, die bei Änderungen zukünftiger Umweltentwicklungen nicht gleich aufgegeben werden müssen. Durch die Verwendung von Kalkülen, die auf dem Konzept der flexiblen Planung beruhen, können (rationale) Eventualpläne generiert werden, bei denen lediglich die Anfangsalternative festgelegt und die Folgealternativen nach Maßgabe der tatsächlich eintretenden Umweltzustände gewählt sowie alle aktuell verfügbaren Informationen über potentielle Entwicklungen des strategischen Umfeldes verarbeitet werden.
3. Aufgrund des hohen Maßes an Komplexität müssen im Zuge strategischer Planungen komplexe Datenszenarien verarbeitet und differenzierte Strategiealternativen bearbeitet werden. Diesem Erfordernis kann man nur durch systematisches und vor allem modellgestütztes Vorgehen entsprechen. Da (Entscheidungs-) Modelle in der „richtigen" Sprache codiert sein müssen und man ab einer gewissen Komplexitätsstufe nicht mehr in der Lage ist, aus natürlich-sprachlichen Modellen rational begründbare Lösungen zu deduzieren, empfehlen wir (auch unter Beachtung

[426] Vgl. z.B. Aeberhard (1996).
[427] S. den Überblick in *Abb. 47* (S.201).

des Lösbarkeitsaspektes) die Verwendung von Ansätzen der linearen bzw. gemischt-ganzzahligen Programmierung.[428]

In Bezug auf die strategische Personalplanung betreten wir mit der Verwendung dieser drei Bausteine in mehrfacher Hinsicht Neuland, denn bis dato wurden (unserer Kenntnis nach) in diesem Bereich keine flexiblen Planungsmodelle formuliert, die auf (in)exakten Wahrscheinlichkeitsurteilen basieren und in denen unscharfe Daten verarbeitet werden. Wenn man sich auf Neuland begibt, dann ist das zu entdeckende Terrain zunächst auszuloten, man hat für Orientierung zu sorgen und ist darauf bedacht, sich nicht zu verlaufen. Vor allem jedoch sollte man bemüht sein, das Gebiet nicht sofort in seiner Gesamtheit entdecken zu wollen, da die Realisierung eines solchen Vorhabens ohnehin unmöglich wäre. In diesem Sinne sind gerade unsere modelltheoretischen Überlegungen als vorläufig, verbesserungs- und ergänzungsbedürftig zu betrachten. Forschungsbedarf sehen wir – neben den bereits in den Modellkritiken (Kap. D.) genannten Aspekten - vor allem in

- weiterhin zu leistenden Operationalisierungen basaler Begriffe,[429]
- einer differenzierteren Erfassung risikotheoretischer Aspekte,
- entscheidungstheoretisch fundierten Analysen der Entscheidungskriterien unter LPI-Bedingungen,
- der Entwicklung von Entscheidungsmodellen für die Planung der in Kap. D. nicht erfaßten Basisstrategien,
- der Analyse von Möglichkeiten des Ansatzes anderer bzw. weiterer Zielfunktionen und Zielfunktionsbestandteile,
- der Entwicklung und Analyse heuristischer Lösungsprozeduren
- der Thematisierung von Akzeptanz- und Implementierungsaspekten und
- der Berücksichtigung weiterer Fuzzy-Verknüpfungsoperatoren.

Diese Liste läßt sich mit etwas Phantasie weiter fortführen. Wir wollen jedoch darauf verzichten und unsere Ausführungen mit der Bemerkung abschließen, daß die vorliegende Arbeit einige Probleme der strategischen Personalplanung (möglicherweise) einer Lösung näherbringt und im Gegenzug zusätzliche Probleme aufwirft.

---

[428] S. Abschnitt B.3.2. der vorliegenden Arbeit (S. 44 ff.).

[429] S. z.B. die Definition des Strategiebegriffes, mit den relativ offenen Kennzeichnungen des *Freiheitsgrade* belassenden Maßnahmenbündels, das *wesentliche* Relevanz für die Weiterentwicklung des Systems aufweist.

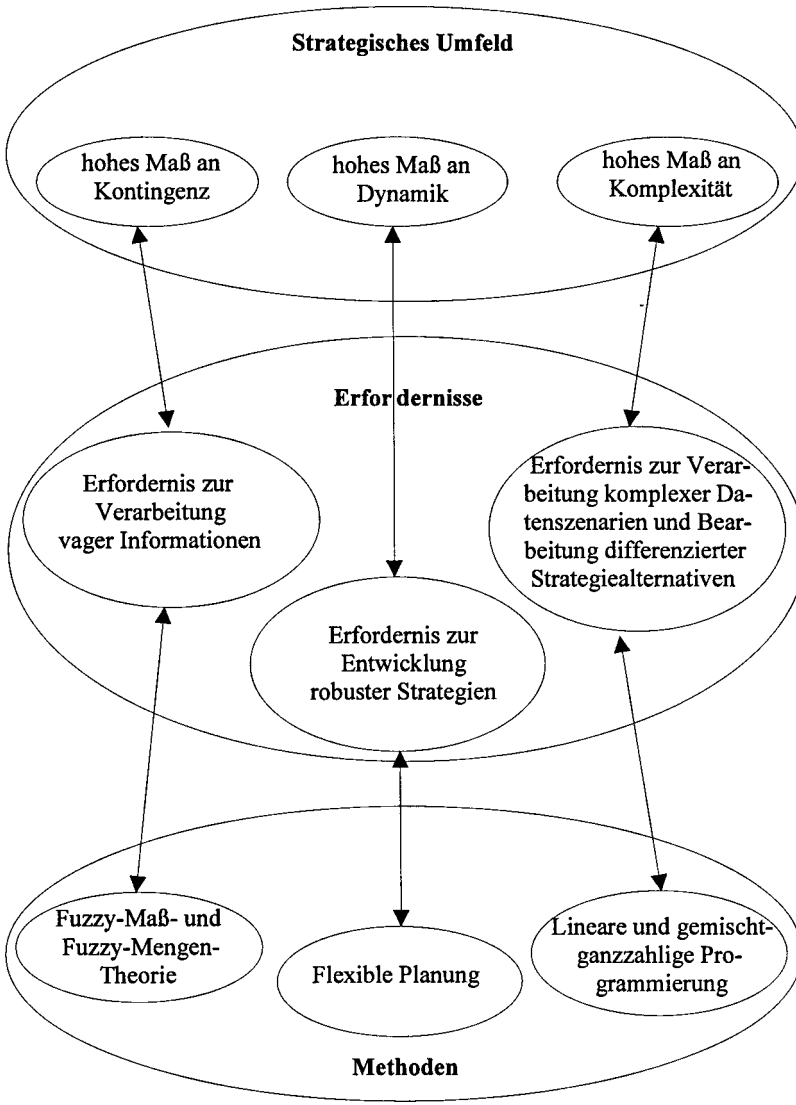


Abb. 47: Spezifika des strategischen Umfeldes, Erfordernisse und Methoden der strategischen Planung

Anhang *Seite*

Anhang 1: Basiselemente der Fuzzy Set-Theorie 204
Anhang 2: Beispiel zu Modell I 209
Anhang 3: Beispiel zu Modell IIa 214
Anhang 4: Beispiel zu Modell IIb 220
Anhang 5: Beispiel zu Modell III (Hilfsmodell I) 225
Anhang 6: Beispiel zu Modell III (Hilfsmodell II) 232
Anhang 7: Beispiel zu Modell III (Kompromißprogramm) 239
Anhang 8: Beispiel zu Modell IV (Hilfsmodell I) 249
Anhang 9: Beispiel zu Modell IV (Hilfsmodell II) 256
Anhang 10: Beispiel zu Modell IV (Kompromißprogramm) 263

Anhang 1: Basiselemente der Fuzzy Set-Theorie

In Anhang 1 werden die für die vorliegende Arbeit als wesentlich zu betrachtenden Basisdefinitionen und –konzepte der Fuzzy Set-Theorie zusammengefaßt. Die Ausführungen basieren vor allem auf den Darstellungen von Rommelfanger (1994).[430]

Def. A.1: Die Menge $S(\tilde{A}) = \{x \in X | \mu(\tilde{A}) > 0\}$ heißt stützende Menge der unscharfen Menge $\tilde{A}$. Sie ist eine (klassische) Teilmenge von X.

Def. A.2: $\tilde{A}$ ist genau dann leer $(\tilde{A} = \tilde{\varnothing})$, wenn gilt: $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0 \ \forall x \in X$. Die stützende Menge einer unscharfen leeren Menge ist die klassische leere Menge $(S(\tilde{\varnothing}) = \varnothing)$.

Def. A.3: Eine unscharfe Menge $\tilde{A}$ heißt normalisiert, wenn gilt: $\sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$. Gilt $\sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) \neq 1$ und $\sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) \neq \infty$ und $S(\tilde{A}) \neq \varnothing$, dann läßt sich $\tilde{A}$ durch die Operation $\dfrac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{\sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x)} \ \forall x \in X$ normalisieren.

Def. A.4: Eine unscharfe Menge $\tilde{A}$ mit diskreter Zugehörigkeitsfunktion $\mu_{\tilde{A}}$ wird diskrete unscharfe Menge genannt.

Def. A.5: Eine unscharfe Menge $\tilde{A}$ mit stetiger Zugehörigkeitsfunktion $\mu_{\tilde{A}}$ wird stetige unscharfe Menge genannt.

Def. A.6: Eine unscharfe Menge $\tilde{A}$ auf X heißt konvex, wenn gilt:

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda \cdot x_1 + (1-\lambda) \cdot x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1); \mu_{\tilde{A}}(x_2)) \qquad \forall x_1, x_2 \in X; \lambda \in [0,1]$$

Def. A.7: Eine konvexe, normalisierte unscharfe Menge $\tilde{Z}$ auf IR heißt Fuzzy-Zahl, wenn $\exists x_0 \in \mathrm{IR} : \mu_{\tilde{Z}}(x_0) = 1$ und wenn $\mu_{\tilde{Z}}$ (stückweise) stetig ist.

Def. A.8: Eine unscharfe Menge $\tilde{D}$ auf einer abzählbaren Grundmenge $X \subset \mathrm{IR}$ wird diskrete Fuzzy-Zahl genannt, wenn eine Fuzzy-Zahl $\tilde{Z}$ auf IR so existiert, daß $\mu_{\tilde{D}}(x) = \mu_{\tilde{Z}}(x) \ \forall x \in X$.

---

[430] Für einen tieferen Einstieg sei der interessierte Leser auf die (umfangreiche) Literatur verwiesen; vgl. z.B. Bandemer/Gottwald (1993), Billot (1995), Bothe (1993), Dubois/Prade (1980, 1993), Jones et al. (1986), Kacprzyk/Fedrizzi (1988), Kaufmann/Gupta (1991), Kruse et al. (1993), Novak (1986), Ott (1996), Slowinski/Teghem (1990), Traeger (1993), Zadeh/ Kacprzyk (1992), sowie Zimmermann (1992).

Def. A.9: Eine Fuzzy-Zahl $\tilde{Z}$ heißt positive Fuzzy-Zahl, wenn $\tilde{Z} \neq \tilde{\emptyset}$ und $\mu_{\tilde{Z}}(x) = 0 \ \forall x \leq 0$.

Def. A.10: Eine Fuzzy-Zahl $\tilde{Z}$ heißt negative Fuzzy-Zahl, wenn $\tilde{Z} \neq \tilde{\emptyset}$ und $\mu_{\tilde{Z}}(x) = 0 \ \forall x \geq 0$.

Def. A.11: Eine konvexe, normalisierte unscharfe Menge $\tilde{I}$ auf IR heißt Fuzzy-Intervall, wenn $\mu_{\tilde{I}}$ stückweise stetig ist und wenn genau zwei reelle Zahlen x_1 und x_2 $(x_1 < x_2)$ existieren mit $\mu_{\tilde{I}}(x) = 1 \ \forall x \in [x_1, x_2]$.

Zur Verarbeitung vager Daten in Form unscharfer Mengen benötigt man geeignete Operationsnormen. Da die Zugehörigkeitsfunktion das Kernstück einer fuzzy Menge darstellt, ist es sinnvoll, Operationen mit unscharfen Mengen über eine Veränderung (bzw. Aggregation) der jeweiligen Zugehörigkeitsfunktion(en) vorzunehmen.[431] Im folgenden werden wir ausschließlich auf die Durchschnittsbildung sowie auf ausgewählte algebraische Operationen eingehen und bzgl. der Darstellung anderer Mengenoperationen auf die einschlägige Literatur verweisen.[432]

Def. A.12: Seien $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\}$ und $\tilde{B} = \{(x, \mu_{\tilde{B}}(x)) | x \in X\}$ zwei unscharfe Mengen auf X. Dann ist der Durchschnitt $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ die unscharfe Menge mit der Zugehörigkeitsfunktion $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \ \forall x \in X$.

Damit traditionelle mathematische Teildisziplinen, wie z.B. Analysis oder Algebra, sowie deren Instrumente auch in Unschärfesituationen angewendet werden können ist es erforderlich, auch die Aggregation solcher unscharfen Mengen zu ermöglichen, die nicht auf identischen Grundmengen basieren. Zu diesem Zwecke wurde von Zadeh[433] das sog. – auf dem kartesischen Produkt unscharfer Mengen basierende - extension principle formuliert.

Def. A.13: Das kartesische Produkt von I unscharfen Mengen $\tilde{A}_i$ $(i = 1,...,I)$ auf I klassischen Mengen $X_i = \{x_i\}$ ist definiert als die unscharfe Menge auf $\mathbf{X} = \underset{i=1}{\overset{I}{\times}} X_i$ mit der Zugehörigkeitsfunktion

$$\text{(EP.1)} \quad \mu_{\underset{i=1}{\overset{I}{\times}} \tilde{A}_i}(x_1,...x_I) = \min[\mu_{\tilde{A}_1}(x_1),..., \mu_{\tilde{A}_I}(x_I)]$$

[431] Vgl. Rommelfanger (1994, S. 18).
[432] Vgl. Rommelfanger (1994).
[433] Vgl. Zadeh (1965).

Def. A.14: Sei $y = f(x_1,...x_I)$ eine Funktion, die das kartesische Produkt $\mathbf{X} = \underset{i=1}{\overset{I}{\times}} X_i$ auf Y abbildet, dann gilt nach dem Erweiterungsprinzip von Zadeh für die durch die Abbildung enstehende unscharfe Bildmenge $\widetilde{B}$:

$$\widetilde{B} = \{(y, \mu_{\widetilde{B}}(y)) | y = f(x_1,...,x_I)\}$$

$$\text{(EP.2) mit } \mu_{\widetilde{B}}(y) = \begin{cases} \sup_{(x_1,...,x_I) \in f^{-1}(y)} \mu_{\underset{i=1}{\overset{I}{\times}} \widetilde{A}_i}(x_1,...x_I), \text{falls } f^{-1}(y) \neq \varnothing \\ 0 \text{ sonst} \end{cases}$$

Aus (EP.1) und (EP.2) folgt

$$\text{(EP.3)} \quad \mu_{\widetilde{B}}(y) = \begin{cases} \sup_{(x_1,...,x_I) \in f^{-1}(y)} \min\left[\mu_{\widetilde{A}_1}(x_1),...,\mu_{\widetilde{A}_I}(x_I)\right], \text{falls } f^{-1}(y) \neq \varnothing \\ 0 \text{ sonst} \end{cases}$$

Für den Fall I=1 reduziert sich das Zadehsche Erweiterungsprinzip zu:[434]

$$f(\widetilde{A}) = f\{(x, \mu_{\widetilde{A}}(x)) | x \in X\}$$

$$\text{(EP.4)} \quad \mu_{f(\widetilde{A})}(y) = \begin{cases} \sup_{x \in f^{-1}(y)} \mu_{\widetilde{A}}(x), \text{falls } f^{-1}(y) \neq \varnothing \\ 0 \text{ sonst} \end{cases}$$

Während die Verknüpfung diskreter fuzzy sets auf Basis des extension principle keinen besonderen Aufwand erfordert, können entsprechende Operationen bei stetigen unscharfen Mengen sehr aufwendig sein. Zur Vermeidung eines überhöhten Berechnungsaufwandes haben Dubois/Prade[435] die sog. – auf (linken und rechten) Referenzfunktionen basierenden – LR-Fuzzy-Sets eingeführt.

Def. A.15: Eine Funktion $L: [0,+\infty[\rightarrow [0,1]$ heißt Referenzfunktion von Fuzzy-Zahlen, wenn gilt: $L(0) = 1$ und L ist nicht steigend in $[0,+\infty[$.

Def. A.16: Eine Fuzzy-Zahl $\widetilde{Z} = \{(x, \mu_{\widetilde{Z}}(x)) | x \in X\}$ heißt LR-Fuzzy-Zahl, wenn gilt:

$$\mu_{\widetilde{Z}}(x) = \begin{cases} L\left(\dfrac{m-x}{\underline{\alpha}}\right) \text{für } x \leq m, \underline{\alpha} > 0 \\ R\left(\dfrac{x-m}{\overline{\alpha}}\right) \text{für } x > m, \overline{\alpha} > 0 \end{cases}$$

mit geeigneten Referenzfunktionen L(inks) und R(echts).

[434] Vgl. Zimmermann (1992, S. 54).
[435] Vgl. Dubois/Prade (1978).

Im folgenden werden wir LR-Fuzzy-Zahlen nach dem Notationsmuster $\tilde{Z} = (m, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ kennzeichnen. Dabei ist m der Gipfelpunkt, $\underline{\alpha}$ die linke und $\overline{\alpha}$ die rechte Spannweite (Spreizung). Des weiteren wollen wir aus Vereinfachungsgründen durchgängig Referenzfunktionen des folgenden Typs verwenden, so daß auf den Zusatz „LR" verzichtet werden kann:

$$L(u_1) = \max(0, 1 - u_1) \text{ und } R(u_2) = \max(0, 1 - u_2),$$

$$\text{mit } u_1 := \frac{m - x}{\underline{\alpha}},\ u_2 := \frac{x - m}{\overline{\alpha}}$$

Def. A.17: Ein Fuzzy-Intervall $\tilde{I} = \{(x, \mu_{\tilde{I}}(x)) | x \in X\}$ heißt LR-Fuzzy-Intervall, wenn gilt:

$$\mu_{\tilde{I}}(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m_1 - x}{\underline{\alpha}}\right) & \text{für } x \le m_1, \underline{\alpha} > 0 \\ 1 & \text{für } m_1 \le m_2 \\ R\left(\frac{x - m_2}{\overline{\alpha}}\right) & \text{für } m_2 < x, \overline{\alpha} > 0 \end{cases}$$

mit geeigneten Referenzfunktionen L(inks) und R(echts).

Im folgenden werden wir LR-Fuzzy-Intervalle nach dem Notationsmuster $\tilde{I} = (m_1, m_2, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ kennzeichnen. Dabei liegen alle Punkte mit dem Zugehörigkeitswert 1 im Intervall $[m_1, m_2]$; $\underline{\alpha}$ $(\overline{\alpha})$ kennzeichnet die linke (rechte) Spreizung.

Auf LR-Fuzzy-Zahlen und LR-Fuzzy-Intervalle lassen sich - vermittels der folgenden (Näherungs-) Formeln - (erweiterte) algebraische Operationen relativ einfach anwenden. Seien $\tilde{A} = (m, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ und $\tilde{B} = (n, \underline{\beta}, \overline{\beta})_{LR}$ zwei LR-Fuzzy-Zahlen sowie $\tilde{I} = (m_1, m_2, \underline{\alpha}, \overline{\alpha})_{LR}$ und $\tilde{J} = (n_1, n_2, \underline{\beta}, \overline{\beta})_{LR}$ zwei LR-Fuzzy-Intervalle. Dann gilt z.B. für die (erweiterte)

- Addition: $\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (m + n, \underline{\alpha} + \underline{\beta}, \overline{\alpha} + \overline{\beta})_{LR}$ und

  $\tilde{I} \oplus \tilde{J} = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, \underline{\alpha} + \underline{\beta}, \overline{\alpha} + \overline{\beta})_{LR}$
- Subtraktion: $\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (m - n, \underline{\alpha} + \overline{\beta}, \overline{\alpha} + \underline{\beta})_{LR}$ und

  $\tilde{I} \ominus \tilde{J} = (m_1 - n_2, m_2 - n_1, \underline{\alpha} + \overline{\beta}, \overline{\alpha} + \underline{\beta})_{LR}$
- Multiplikation: $\tilde{A} \odot \tilde{B} = (m \cdot n, m \cdot \underline{\beta} + n \cdot \underline{\alpha}, m \cdot \overline{\beta} + n \cdot \overline{\alpha})_{LR}$ und

  $\tilde{A} \odot \tilde{J} = (m_1 \cdot n_1, m_2 \cdot n_2, m_1 \cdot \underline{\beta} + n_1 \cdot \underline{\alpha}, m_2 \cdot \overline{\beta} + n_2 \cdot \overline{\alpha})_{LR}$

Zu den zentralen – noch weitgehend ungelösten Problematiken - der Fuzzy Set-Theorie zählt die Wahl des jeweils angemessenen Operators für die Aggregation unscharfer Mengen. Da in der vorliegenden Arbeit die strategische Personalplanung im Vordergrund steht und die Fuzzy Set-Theorie in diesem Bereich „lediglich" sinnvoll angewendet werden kann, halten wir es für angemessen, für die Durchschnittsbildung durchgängig den Minimumoperator zu verwenden.[436]

[436] Vgl. zur Operatorenproblematik z.B. Dubois/Prade (1980a), Hamacher (1978) und die ausführlichen Überlegungen von Ott (1996, S. 19 ff.).

Anhang 2: Beispiel zu Modell I

- **Modellformulierung**

MAX 0.02 NE4 + 0.18 NE5 + 0.16 NE6 + 0.64 NE7

SUBJECT TO

2) 2 X11 + 3 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
3) 3 X11 - PA21 - PA41 <= 0
4) 2 X21 - PA31 - PA41 <= 0
5) 5 X11 + 3 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
6) 2 X11 + 5 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
7) 3 X11 + 2 X21 - PA21 - PA31 - PA41 <= 0
8) 5 X11 + 5 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
9) 2 X12 + 3 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
10) 3 X12 - PA22 - PA42 <= 0
11) 2 X22 - PA32 - PA42 <= 0
12) 5 X12 + 3 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
13) 2 X12 + 5 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
14) 3 X12 + 2 X22 - PA22 - PA32 - PA42 <= 0
15) 5 X12 + 5 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
16) 2 X13 + 3 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
17) 3 X13 - PA23 - PA43 <= 0
18) 2 X23 - PA33 - PA43 <= 0
19) 5 X13 + 3 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
20) 2 X13 + 5 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
21) 3 X13 + 2 X23 - PA23 - PA33 - PA43 <= 0
22) 5 X13 + 5 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
23) 2 X14 + 3 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0

24) 3 X14 - PA24 - PA44 <= 0

25) 2 X24 - PA34 - PA44 <= 0

26) 5 X14 + 3 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0

27) 2 X14 + 5 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0

28) 3 X14 + 2 X24 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0

29) 5 X14 + 5 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0

30) 2 X15 + 3 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0

31) 3 X15 - PA25 - PA45 <= 0

32) 2 X25 - PA35 - PA45 <= 0

33) 5 X15 + 3 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0

34) 2 X15 + 5 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0

35) 3 X15 + 2 X25 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0

36) 5 X15 + 5 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0

37) 2 X16 + 3 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0

38) 3 X16 - PA26 - PA46 <= 0

39) 2 X26 - PA36 - PA46 <= 0

40) 5 X16 + 3 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0

41) 2 X16 + 5 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0

42) 3 X16 + 2 X26 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0

43) 5 X16 + 5 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0

44) 2 X17 + 3 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0

45) 3 X17 - PA27 - PA47 <= 0

46) 2 X27 - PA37 - PA47 <= 0

47) 5 X17 + 3 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0

48) 2 X17 + 5 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0

49) 3 X17 + 2 X27 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0

50) 5 X17 + 5 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0

51) PA11 = 100

52) PA21 = 100

53) PA31 = 30

54) PA41 = 20

55) - PA11 + S121 + S131 + PA12 = 0

56) - PA21 - S121 + PA22 = 0

57) - PA31 - S131 + PA32 = 0

58) - PA41 + PA42 = 0

59) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0

60) - PA21 - S121 + PA23 = 0

61) - PA31 - S131 + PA33 = 0

62) - PA41 + PA43 = 0

63) - PA12 + S122 + S132 + PA14 = 0

64) - PA22 - S122 + PA24 = 0

65) - PA32 - S132 + PA34 = 0

66) - PA42 + PA44 = 0

67) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0

68) - PA22 - S122 + PA25 = 0

69) - PA32 - S132 + PA35 = 0

70) - PA42 + PA45 = 0

71) - PA13 + S123 + S133 + PA16 = 0

72) - PA23 - S123 + PA26 = 0

73) - PA33 - S133 + PA36 = 0

74) - PA43 + PA46 = 0

75) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0

76) - PA23 - S123 + PA27 = 0

77) - PA33 - S133 + PA37 = 0

78) - PA43 + PA47 = 0

79) X11 <= 30

80) X21 <= 20

81) X12 <= 50

82) X22 <= 40

83) X13 <= 40

84) X23 <= 10

85) X14 <= 60

86) X24 <= 60

87) X15 <= 40

88) X25 <= 20

89) X16 <= 60

90) X26 <= 60

91) X17 <= 40

92) X27 <= 20

93) - NE4 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X12 + 4 X22 - 0.1 PA12 - 0.1 PA22 - 0.2 PA32 - 0.001 S122 – 0.001 S132 + X14 + 4 X24 - 0.1 PA14 - 0.1 PA24 - 0.2 PA34 = 0

94) - NE5 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X12 + 4 X22 - 0.1 PA12 - 0.1 PA22 - 0.2 PA32 - 0.001 S122 – 0.001 S132 + X15 + 4 X25 - 0.1 PA15 - 0.1 PA25 - 0.2 PA35 = 0

95) - NE6 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X13 + 4 X23 - 0.1 PA13 - 0.1 PA23 - 0.2 PA33 - 0.001 S123 – 0.001 S133 + X16 + 4 X26 - 0.1 PA16 - 0.1 PA26 - 0.2 PA36 = 0

96) - NE7 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X13 + 4 X23 - 0.1 PA13 - 0.1 PA23 - 0.2 PA33 - 0.001 S123 – 0.001 S133 + X17 + 4 X27 - 0.1 PA17 - 0.1 PA27 - 0.2 PA37 = 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 264.77000

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	385.970000	NE5	325.970000
NE6	295.970000	NE7	235.970000
X11	24.000000	X21	20.000000

Bibliothek
des Institut für Weltwirtschaft

PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	20.000000
S121	.000000	S131	30.000000
X12	6.000000	X22	40.000000
PA12	70.000000	PA22	100.000000
PA32	60.000000	PA42	20.000000
S122	.000000	S132	.000000
X13	40.000000	X23	10.000000
PA13	70.000000	PA23	100.000000
PA33	60.000000	PA43	20.000000
S123	.000000	S133	.000000
X14	10.000000	X24	40.000000
PA14	70.000000	PA24	100.000000
PA34	60.000000	PA44	20.000000
X15	30.000000	X25	20.000000
PA15	70.000000	PA25	100.000000
PA35	60.000000	PA45	20.000000
X16	10.000000	X26	40.000000
PA16	70.000000	PA26	100.000000
PA36	60.000000	PA46	20.000000
X17	30.000000	X27	20.000000
PA17	70.000000	PA27	100.000000
PA37	60.000000	PA47	20.000000

Anhang 3: Beispiel zu Modell IIa

- **Modellformulierung**

MAX E

SUBJECT TO

2) 2 X11 + 3 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
3) 3 X11 - PA21 - PA41 <= 0
4) 2 X21 - PA31 - PA41 <= 0
5) 5 X11 + 3 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
6) 2 X11 + 5 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
7) 3 X11 + 2 X21 - PA21 - PA31 - PA41 <= 0
8) 5 X11 + 5 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
9) 2 X12 + 3 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
10) 3 X12 - PA22 - PA42 <= 0
11) 2 X22 - PA32 - PA42 <= 0
12) 5 X12 + 3 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
13) 2 X12 + 5 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
14) 3 X12 + 2 X22 - PA22 - PA32 - PA42 <= 0
15) 5 X12 + 5 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
16) 2 X13 + 3 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
17) 3 X13 - PA23 - PA43 <= 0
18) 2 X23 - PA33 - PA43 <= 0
19) 5 X13 + 3 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
20) 2 X13 + 5 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
21) 3 X13 + 2 X23 - PA23 - PA33 - PA43 <= 0
22) 5 X13 + 5 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
23) 2 X14 + 3 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
24) 3 X14 - PA24 - PA44 <= 0
25) 2 X24 - PA34 - PA44 <= 0

26) 5 X14 + 3 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
27) 2 X14 + 5 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
28) 3 X14 + 2 X24 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
29) 5 X14 + 5 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
30) 2 X15 + 3 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
31) 3 X15 - PA25 - PA45 <= 0
32) 2 X25 - PA35 - PA45 <= 0
33) 5 X15 + 3 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
34) 2 X15 + 5 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
35) 3 X15 + 2 X25 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
36) 5 X15 + 5 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
37) 2 X16 + 3 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
38) 3 X16 - PA26 - PA46 <= 0
39) 2 X26 - PA36 - PA46 <= 0
40) 5 X16 + 3 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
41) 2 X16 + 5 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
42) 3 X16 + 2 X26 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
43) 5 X16 + 5 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
44) 2 X17 + 3 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
45) 3 X17 - PA27 - PA47 <= 0
46) 2 X27 - PA37 - PA47 <= 0
47) 5 X17 + 3 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
48) 2 X17 + 5 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
49) 3 X17 + 2 X27 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
50) 5 X17 + 5 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
51) PA11 = 100
52) PA21 = 100
53) PA31 = 30
54) PA41 = 20
55) - PA11 + S121 + S131 + PA12 = 0

56) - PA21 - S121 + PA22 = 0

57) - PA31 - S131 + PA32 = 0

58) - PA41 + PA42 = 0

59) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0

60) - PA21 - S121 + PA23 = 0

61) - PA31 - S131 + PA33 = 0

62) - PA41 + PA43 = 0

63) - PA12 + S122 + S132 + PA14 = 0

64) - PA22 - S122 + PA24 = 0

65) - PA32 - S132 + PA34 = 0

66) - PA42 + PA44 = 0

67) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0

68) - PA22 - S122 + PA25 = 0

69) - PA32 - S132 + PA35 = 0

70) - PA42 + PA45 = 0

71) - PA13 + S123 + S133 + PA16 = 0

72) - PA23 - S123 + PA26 = 0

73) - PA33 - S133 + PA36 = 0

74) - PA43 + PA46 = 0

75) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0

76) - PA23 - S123 + PA27 = 0

77) - PA33 - S133 + PA37 = 0

78) - PA43 + PA47 = 0

79) X11 <= 30

80) X21 <= 20

81) X12 <= 50

82) X22 <= 40

83) X13 <= 40

84) X23 <= 10

85) X14 <= 60

86) X24 <= 60

87) X15 <= 40

88) X25 <= 20

89) X16 <= 60

90) X26 <= 60

91) X17 <= 40

92) X27 <= 20

93) - NE4 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X12 + 4 X22 - 0.1 PA12 - 0.1 PA22 - 0.2 PA32 - 0.001 S122 – 0.001 S132 + X14 + 4 X24 - 0.1 PA14 - 0.1 PA24 - 0.2 PA34 = 0

94) - NE5 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X12 + 4 X22 - 0.1 PA12 - 0.1 PA22 - 0.2 PA32 - 0.001 S122 – 0.001 S132 + X15 + 4 X25 - 0.1 PA15 - 0.1 PA25 - 0.2 PA35 = 0

95) - NE6 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X13 + 4 X23 - 0.1 PA13 - 0.1 PA23 - 0.2 PA33 - 0.001 S123 – 0.001 S133 + X16 + 4 X26 - 0.1 PA16 - 0.1 PA26 - 0.2 PA36 = 0

96) - NE7 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X13 + 4 X23 - 0.1 PA13 - 0.1 PA23 - 0.2 PA33 - 0.001 S123 – 0.001 S133 + X17 + 4 X27 - 0.1 PA17 - 0.1 PA27 - 0.2 PA37 = 0

97) 0.04 NE4 + 0.18 NE5 + 0.16 NE6 + 0.62 NE7 - E >= 0

98) 0.04 NE4 + 0.08 NE5 + 0.27 NE6 + 0.61 NE7 - E >= 0

99) 0.04 NE4 + 0.08 NE5 + 0.16 NE6 + 0.72 NE7 - E >= 0

100) 0.01 NE4 + 0.18 NE5 + 0.16 NE6 + 0.65 NE7 - E >= 0

101) 0.01 NE4 + 0.08 NE5 + 0.27 NE6 + 0.64 NE7 - E >= 0

102) 0.04 NE4 + 0.18 NE5 + 0.22 NE6 + 0.56 NE7 - E >= 0

103) 0.01 NE4 + 0.18 NE5 + 0.25 NE6 + 0.56 NE7 - E >= 0

104) 0.01 NE4 + 0.08 NE5 + 0.19 NE6 + 0.72 NE7 - E >= 0

105) 0.04 NE4 + 0.13 NE5 + 0.27 NE6 + 0.56 NE7 - E >= 0

106) 0.04 NE4 + 0.08 NE5 + 0.16 NE6 + 0.72 NE7 - E >= 0

107) 0.01 NE4 + 0.16 NE5 + 0.27 NE6 + 0.56 NE7 - E >= 0

108) 0.01 NE4 + 0.11 NE5 + 0.16 NE6 + 0.72 NE7 - E >= 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 256.29180

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	385.970000	NE5	325.970000
NE6	319.950000	NE7	229.950000
X11	24.000000	X21	20.000000
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	20.000000
S121	.000000	S131	30.000000
X12	10.000000	X22	40.000000
PA12	70.000000	PA22	100.000000
PA32	60.000000	PA42	20.000000
S122	.000000	S132	.000000
X13	36.000000	X23	10.000000
PA13	70.000000	PA23	100.000000
PA33	60.000000	PA43	20.000000
S123	.000000	S133	20.000000
X14	10.000000	X24	40.000000
PA14	70.000000	PA24	100.000000
PA34	60.000000	PA44	20.000000
X15	30.000000	X25	20.000000
PA15	70.000000	PA25	100.000000
PA35	60.000000	PA45	20.000000
X16	.000000	X26	50.000000
PA16	50.000000	PA26	100.000000
PA36	80.000000	PA46	20.000000

X17	30.000000	X27	20.000000
PA17	50.000000	PA27	100.000000
PA37	80.000000	PA47	20.000000
E	256.291800		

Anhang 4: Beispiel zu Modell IIb

- **Modellformulierung**

MAX 0.025 NE4 + 0.126667 NE5 + 0.211667 NE6 + 0.636667 NE7

SUBJECT TO

2) 2 X11 + 3 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
3) 3 X11 - PA21 - PA41 <= 0
4) 2 X21 - PA31 - PA41 <= 0
5) 5 X11 + 3 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
6) 2 X11 + 5 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
7) 3 X11 + 2 X21 - PA21 - PA31 - PA41 <= 0
8) 5 X11 + 5 X21 - PA11 - PA21 - PA31 - PA41 + S121 + S131 <= 0
9) 2 X12 + 3 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
10) 3 X12 - PA22 - PA42 <= 0
11) 2 X22 - PA32 - PA42 <= 0
12) 5 X12 + 3 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
13) 2 X12 + 5 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
14) 3 X12 + 2 X22 - PA22 - PA32 - PA42 <= 0
15) 5 X12 + 5 X22 - PA12 - PA22 - PA32 - PA42 + S122 + S132 <= 0
16) 2 X13 + 3 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
17) 3 X13 - PA23 - PA43 <= 0
18) 2 X23 - PA33 - PA43 <= 0
19) 5 X13 + 3 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
20) 2 X13 + 5 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
21) 3 X13 + 2 X23 - PA23 - PA33 - PA43 <= 0
22) 5 X13 + 5 X23 - PA13 - PA23 - PA33 - PA43 + S123 + S133 <= 0
23) 2 X14 + 3 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0

24) 3 X14 - PA24 - PA44 <= 0
25) 2 X24 - PA34 - PA44 <= 0
26) 5 X14 + 3 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
27) 2 X14 + 5 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
28) 3 X14 + 2 X24 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
29) 5 X14 + 5 X24 - PA14 - PA24 - PA34 - PA44 <= 0
30) 2 X15 + 3 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
31) 3 X15 - PA25 - PA45 <= 0
32) 2 X25 - PA35 - PA45 <= 0
33) 5 X15 + 3 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
34) 2 X15 + 5 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
35) 3 X15 + 2 X25 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
36) 5 X15 + 5 X25 - PA15 - PA25 - PA35 - PA45 <= 0
37) 2 X16 + 3 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
38) 3 X16 - PA26 - PA46 <= 0
39) 2 X26 - PA36 - PA46 <= 0
40) 5 X16 + 3 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
41) 2 X16 + 5 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
42) 3 X16 + 2 X26 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
43) 5 X16 + 5 X26 - PA16 - PA26 - PA36 - PA46 <= 0
44) 2 X17 + 3 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
45) 3 X17 - PA27 - PA47 <= 0
46) 2 X27 - PA37 - PA47 <= 0
47) 5 X17 + 3 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
48) 2 X17 + 5 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
49) 3 X17 + 2 X27 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
50) 5 X17 + 5 X27 - PA17 - PA27 - PA37 - PA47 <= 0
51) PA11 = 100
52) PA21 = 100
53) PA31 = 30

54) PA41 = 20
55) - PA11 + S121 + S131 + PA12 = 0
56) - PA21 - S121 + PA22 = 0
57) - PA31 - S131 + PA32 = 0
58) - PA41 + PA42 = 0
59) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
60) - PA21 - S121 + PA23 = 0
61) - PA31 - S131 + PA33 = 0
62) - PA41 + PA43 = 0
63) - PA12 + S122 + S132 + PA14 = 0
64) - PA22 - S122 + PA24 = 0
65) - PA32 - S132 + PA34 = 0
66) - PA42 + PA44 = 0
67) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
68) - PA22 - S122 + PA25 = 0
69) - PA32 - S132 + PA35 = 0
70) - PA42 + PA45 = 0
71) - PA13 + S123 + S133 + PA16 = 0
72) - PA23 - S123 + PA26 = 0
73) - PA33 - S133 + PA36 = 0
74) - PA43 + PA46 = 0
75) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
76) - PA23 - S123 + PA27 = 0
77) - PA33 - S133 + PA37 = 0
78) - PA43 + PA47 = 0
79) X11 <= 30
80) X21 <= 20
81) X12 <= 50
82) X22 <= 40
83) X13 <= 40

84) X23 <= 10

85) X14 <= 60

86) X24 <= 60

87) X15 <= 40

88) X25 <= 20

89) X16 <= 60

90) X26 <= 60

91) X17 <= 40

92) X27 <= 20

93) - NE4 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X12 + 4 X22 - 0.1 PA12 - 0.1 PA22 - 0.2 PA32 - 0.001 S122 – 0.001 S132 + X14 + 4 X24 - 0.1 PA14 - 0.1 PA24 - 0.2 PA34 = 0

94) - NE5 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X12 + 4 X22 - 0.1 PA12 - 0.1 PA22 - 0.2 PA32 - 0.001 S122 – 0.001 S132 + X15 + 4 X25 - 0.1 PA15 - 0.1 PA25 - 0.2 PA35 = 0

95) - NE6 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X13 + 4 X23 - 0.1 PA13 - 0.1 PA23 - 0.2 PA33 - 0.001 S123 – 0.001 S133 + X16 + 4 X26 - 0.1 PA16 - 0.1 PA26 - 0.2 PA36 = 0

96) - NE7 + X11 + 4 X21 - 0.001 S121 - 0.001 S131 + X13 + 4 X23 - 0.1 PA13 - 0.1 PA23 - 0.2 PA33 - 0.001 S123 – 0.001 S133 + X17 + 4 X27 - 0.1 PA17 - 0.1 PA27 - 0.2 PA37 = 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 265.06330

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	385.970000	NE5	325.970000
NE6	319.950000	NE7	229.950000
X11	24.000000	X21	20.000000

PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	20.000000
S121	.000000	S131	30.000000
X12	10.000000	X22	40.000000
PA12	70.000000	PA22	100.000000
PA32	60.000000	PA42	20.000000
S122	.000000	S132	.000000
X13	36.000000	X23	10.000000
PA13	70.000000	PA23	100.000000
PA33	60.000000	PA43	20.000000
S123	.000000	S133	20.000000
X14	10.000000	X24	40.000000
PA14	70.000000	PA24	100.000000
PA34	60.000000	PA44	20.000000
X15	30.000000	X25	20.000000
PA15	70.000000	PA25	100.000000
PA35	60.000000	PA45	20.000000
X16	.000000	X26	50.000000
PA16	50.000000	PA26	100.000000
PA36	80.000000	PA46	20.000000
X17	30.000000	X27	20.000000
PA17	50.000000	PA27	100.000000
PA37	80.000000	PA47	20.000000

Anhang 5: Beispiel zu Modell III \ Hilfsmodell I

- **Modellformulierung**

MAX 0.2 NE4 + 0.2 NE5 + 0.42 NE6 + 0.18 NE7

SUBJECT TO

2) PA11 = 100
3) PA21 = 100
4) PA31 = 30
5) PA41 = 30
6) - PA11 + PA12 + S121 + S131 = 0
7) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
8) - PA12 + S122 + PA14 + S132 = 0
9) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
10) - PA13 + PA16 + S123 + S133 = 0
11) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
12) - PA21 - S121 + PA22 = 0
13) - PA21 - S121 + PA23 = 0
14) - S122 - PA22 + PA24 = 0
15) - S122 - PA22 + PA25 = 0
16) - S123 - PA23 + PA26 = 0
17) - S123 - PA23 + PA27 = 0
18) - PA31 - S131 + PA32 = 0
19) - PA31 - S131 + PA33 = 0
20) - S132 - PA32 + PA34 = 0
21) - S132 - PA32 + PA35 = 0
22) - S133 - PA33 + PA36 = 0
23) - S133 - PA33 + PA37 = 0

24) - PA41 + PA42 = 0
25) - PA41 + PA43 = 0
26) - PA42 + PA44 = 0
27) - PA42 + PA45 = 0
28) - PA43 + PA46 = 0
29) - PA43 + PA47 = 0
30) PA11 - S121 - S131 - PE111 >= 0
31) PA12 - S122 - S132 - PE112 >= 0
32) PA13 - S123 - S133 - PE113 >= 0
33) PA14 - PE114 - S124 - S134 >= 0
34) PA15 - PE115 - S125 - S135 >= 0
35) PA16 - PE116 - S126 - S136 >= 0
36) PA17 - PE117 - S127 - S137 >= 0
37) PA21 - PE211 - PE221 >= 0
38) PA22 - PE212 - PE222 >= 0
39) PA23 - PE213 - PE223 >= 0
40) PA24 - PE214 - PE224 >= 0
41) PA25 - PE215 - PE225 >= 0
42) PA26 - PE216 - PE226 >= 0
43) PA27 - PE217 - PE227 >= 0
44) PA31 - PE311 - PE331 >= 0
45) PA32 - PE312 - PE332 >= 0
46) PA33 - PE313 - PE333 >= 0
47) PA34 - PE314 - PE334 >= 0
48) PA35 - PE315 - PE335 >= 0
49) PA36 - PE316 - PE336 >= 0
50) PA37 - PE317 - PE337 >= 0
51) PA41 - PE411 - PE421 - PE431 >= 0
52) PA42 - PE412 - PE422 - PE432 >= 0
53) PA43 - PE413 - PE423 - PE433 >= 0

54) PA44 - PE414 - PE424 - PE434 >= 0
55) PA45 - PE415 - PE425 - PE435 >= 0
56) PA46 - PE416 - PE426 - PE436 >= 0
57) PA47 - PE417 - PE427 - PE437 >= 0
58) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - X11 - 2 X21 >= 0
59) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - X12 - 2 X22 >= 0
60) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - X13 - 2 X23 >= 0
61) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - X14 - 2 X24 >= 0
62) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - X15 - 2 X25 >= 0
63) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - X16 - 2 X26 >= 0
64) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - X17 - 2 X27 >= 0
65) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 4 X11 - 5 X21 <= 0
66) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 4 X12 - 5 X22 <= 0
67) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 4 X13 - 5 X23 <= 0
68) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 4 X14 - 5 X24 <= 0
69) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 4 X15 - 5 X25 <= 0
70) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 4 X16 - 5 X26 <= 0
71) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 4 X17 - 5 X27 <= 0
72) PE221 + PE421 - 2.5 X11 >= 0
73) PE222 + PE422 - 2.5 X12 >= 0
74) PE223 + PE423 - 2.5 X13 >= 0
75) PE224 + PE424 - 2.5 X14 >= 0
76) PE225 + PE425 - 2.5 X15 >= 0
77) PE226 + PE426 - 2.5 X16 >= 0
78) PE227 + PE427 - 2.5 X17 >= 0
79) PE221 + PE421 - 4 X11 <= 0
80) PE222 + PE422 - 4 X12 <= 0
81) PE223 + PE423 - 4 X13 <= 0
82) PE224 + PE424 - 4 X14 <= 0
83) PE225 + PE425 - 4 X15 <= 0

84) PE226 + PE426 - 4 X16 <= 0
85) PE227 + PE427 - 4 X17 <= 0
86) PE331 + PE431 - X21 >= 0
87) PE332 + PE432 - X22 >= 0
88) PE333 + PE433 - X23 >= 0
89) PE334 + PE434 - X24 >= 0
90) PE335 + PE435 - X25 >= 0
91) PE336 + PE436 - X26 >= 0
92) PE337 + PE437 - X27 >= 0
93) PE331 + PE431 - 3.5 X21 <= 0
94) PE332 + PE432 - 3.5 X22 <= 0
95) PE333 + PE433 - 3.5 X23 <= 0
96) PE334 + PE434 - 3.5 X24 <= 0
97) PE335 + PE435 - 3.5 X25 <= 0
98) PE336 + PE436 - 3.5 X26 <= 0
99) PE337 + PE437 - 3.5 X27 <= 0
100) X11 <= 40
101) X12 <= 55
102) X13 <= 40
103) X14 <= 65
104) X15 <= 40
105) X16 <= 65
106) X17 <= 40
107) X21 <= 22
108) X22 <= 43
109) X23 <= 13
110) X24 <= 65
111) X25 <= 22
112) X26 <= 65
113) X27 <= 22

114) - NE4 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 - S121 - S131 - S122 - 110 PA14 - S132 - 110 PA22 - 110 PA24 - 210 PA32 - 210 PA34 - 210 PA42 - 210 PA44 - S124 - S134 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X14 + 4000 X24 = 0

115) - NE5 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 - S121 - S131 - S122 - S132 - 110 PA15 - 110 PA22 -110 PA25 - 210 PA32 - 210 PA35 - 210 PA42 - 210 PA45 - S125 - S135 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X15 + 4000 X25 = 0

116) - NE6 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 - S131 - 110 PA13 - 110 PA16 - S123 - S133 - 110 PA23 - 110 PA26 - 210 PA33 - 210 PA36 - 210 PA43 - 210 PA46 - S126 - S136 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X16 + 4000 X26 = 0

117) - NE7 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 - S131 - 110 PA13 - S123 - S133 - 110 PA17 - 110 PA22 - 110 PA27 - 210 PA33 - 210 PA37 - 210 PA43 - 210 PA47 - S127 - S137 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X17 + 4000 X27 = 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 383520.70

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	511195.000000	NE5	360623.600000
NE6	393766.400000	NE7	243195.000000
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	30.000000
PA12	95.000000	S121	.000000
S131	5.000000	PA13	95.000000
S122	.000000	PA14	95.000000
S132	.000000	PA15	95.000000
PA16	95.000000	S123	.000000

S133	.000000	PA17	95.000000
PA22	100.000000	PA23	100.000000
PA24	100.000000	PA25	100.000000
PA26	100.000000	PA27	100.000000
PA32	35.000000	PA33	35.000000
PA34	35.000000	PA35	35.000000
PA36	35.000000	PA37	35.000000
PA42	30.000000	PA43	30.000000
PA44	30.000000	PA45	30.000000
PA46	30.000000	PA47	30.000000
PE111	95.000000	PE112	95.000000
PE113	14.000000	PE114	95.000000
S124	.000000	S134	.000000
PE115	95.000000	S125	.000000
S135	.000000	PE116	95.000000
S126	.000000	S136	.000000
PE117	41.000000	S127	.000000
S137	.000000	PE211	8.000000
PE221	92.000000	PE212	28.428570
PE222	71.571430	PE213	30.000000
PE223	70.000000	PE214	53.571430
PE224	46.428570	PE215	.000000
PE225	100.000000	PE216	53.571430
PE226	46.428570	PE217	.000000
PE227	100.000000	PE311	30.000000
PE331	.000000	PE312	.000000
PE332	35.000000	PE313	22.000000
PE333	13.000000	PE314	.000000
PE334	35.000000	PE315	13.000000
PE335	22.000000	PE316	.000000

PE336	35.000000	PE317	13.000000
PE337	22.000000	PE411	.000000
PE421	8.000000	PE431	22.000000
PE412	.000000	PE422	22.000000
PE432	8.000000	PE413	.000000
PE423	30.000000	PE433	.000000
PE414	.000000	PE424	.000000
PE434	30.000000	PE415	.000000
PE425	.000000	PE435	.000000
PE416	.000000	PE426	.000000
PE436	30.000000	PE417	30.000000
PE427	.000000	PE437	.000000
X11	40.000000	X21	22.000000
X12	37.428570	X22	43.000000
X13	40.000000	X23	13.000000
X14	18.571430	X24	65.000000
X15	40.000000	X25	22.000000
X16	18.571430	X26	65.000000
X17	40.000000	X27	22.000000

Anhang 6: Beispiel zu Modell III \ Hilfsmodell II

- **Modellformulierung**

MAX 0.2 NE4 + 0.2 NE5 + 0.42 NE6 + 0.18 NE7

SUBJECT TO

2) PA11 = 100
3) PA21 = 100
4) PA31 = 30
5) PA41 = 30
6) - PA11 + PA12 + S121 + S131 = 0
7) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
8) - PA12 + S122 + PA14 + S132 = 0
9) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
10) - PA13 + PA16 + S123 + S133 = 0
11) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
12) - PA21 - S121 + PA22 = 0
13) - PA21 - S121 + PA23 = 0
14) - S122 - PA22 + PA24 = 0
15) - S122 - PA22 + PA25 = 0
16) - S123 - PA23 + PA26 = 0
17) - S123 - PA23 + PA27 = 0
18) - PA31 - S131 + PA32 = 0
19) - PA31 - S131 + PA33 = 0
20) - S132 - PA32 + PA34 = 0
21) - S132 - PA32 + PA35 = 0
22) - S133 - PA33 + PA36 = 0
23) - S133 - PA33 + PA37 = 0
24) - PA41 + PA42 = 0

25) - PA41 + PA43 = 0
26) - PA42 + PA44 = 0
27) - PA42 + PA45 = 0
28) - PA43 + PA46 = 0
29) - PA43 + PA47 = 0
30) PA11 - S121 - S131 - PE111 >= 0
31) PA12 - S122 - S132 - PE112 >= 0
32) PA13 - S123 - S133 - PE113 >= 0
33) PA14 - PE114 - S124 - S134 >= 0
34) PA15 - PE115 - S125 - S135 >= 0
35) PA16 - PE116 - S126 - S136 >= 0
36) PA17 - PE117 - S127 - S137 >= 0
37) PA21 - PE211 - PE221 >= 0
38) PA22 - PE212 - PE222 >= 0
39) PA23 - PE213 - PE223 >= 0
40) PA24 - PE214 - PE224 >= 0
41) PA25 - PE215 - PE225 >= 0
42) PA26 - PE216 - PE226 >= 0
43) PA27 - PE217 - PE227 >= 0
44) PA31 - PE311 - PE331 >= 0
45) PA32 - PE312 - PE332 >= 0
46) PA33 - PE313 - PE333 >= 0
47) PA34 - PE314 - PE334 >= 0
48) PA35 - PE315 - PE335 >= 0
49) PA36 - PE316 - PE336 >= 0
50) PA37 - PE317 - PE337 >= 0
51) PA41 - PE411 - PE421 - PE431 >= 0
52) PA42 - PE412 - PE422 - PE432 >= 0
53) PA43 - PE413 - PE423 - PE433 >= 0
54) PA44 - PE414 - PE424 - PE434 >= 0

55) PA45 - PE415 - PE425 - PE435 >= 0

56) PA46 - PE416 - PE426 - PE436 >= 0

57) PA47 - PE417 - PE427 - PE437 >= 0

58) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 2 X11 - 3 X21 >= 0

59) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 2 X12 - 3 X22 >= 0

60) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 2 X13 - 3 X23 >= 0

61) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 2 X14 - 3 X24 >= 0

62) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 2 X15 - 3 X25 >= 0

63) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 2 X16 - 3 X26 >= 0

64) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 2 X17 - 3 X27 >= 0

65) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 3 X11 - 4 X21 <= 0

66) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 3 X12 - 4 X22 <= 0

67) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 3 X13 - 4 X23 <= 0

68) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 3 X14 - 4 X24 <= 0

69) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 3 X15 - 4 X25 <= 0

70) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 3 X16 - 4 X26 <= 0

71) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 3 X17 - 4 X27 <= 0

72) PE221 + PE421 - 3 X11 >= 0

73) PE222 + PE422 - 3 X12 >= 0

74) PE223 + PE423 - 3 X13 >= 0

75) PE224 + PE424 - 3 X14 >= 0

76) PE225 + PE425 - 3 X15 >= 0

77) PE226 + PE426 - 3 X16 >= 0

78) PE227 + PE427 - 3 X17 >= 0

79) PE221 + PE421 - 3.5 X11 <= 0

80) PE222 + PE422 - 3.5 X12 <= 0

81) PE223 + PE423 - 3.5 X13 <= 0

82) PE224 + PE424 - 3.5 X14 <= 0

83) PE225 + PE425 - 3.5 X15 <= 0

84) PE226 + PE426 - 3.5 X16 <= 0

85) PE227 + PE427 - 3.5 X17 <= 0
86) PE331 + PE431 - 1.5 X21 >= 0
87) PE332 + PE432 - 1.5 X22 >= 0
88) PE333 + PE433 - 1.5 X23 >= 0
89) PE334 + PE434 - 1.5 X24 >= 0
90) PE335 + PE435 - 1.5 X25 >= 0
91) PE336 + PE436 - 1.5 X26 >= 0
92) PE337 + PE437 - 1.5 X27 >= 0
93) PE331 + PE431 - 2.5 X21 <= 0
94) PE332 + PE432 - 2.5 X22 <= 0
95) PE333 + PE433 - 2.5 X23 <= 0
96) PE334 + PE434 - 2.5 X24 <= 0
97) PE335 + PE435 - 2.5 X25 <= 0
98) PE336 + PE436 - 2.5 X26 <= 0
99) PE337 + PE437 - 2.5 X27 <= 0
100) X11 <= 35
101) X12 <= 45
102) X13 <= 35
103) X14 <= 55
104) X15 <= 35
105) X16 <= 55
106) X17 <= 35
107) X21 <= 20
108) X22 <= 38
109) X23 <= 10
110) X24 <= 55
111) X25 <= 20
112) X26 <= 55
113) X27 <= 20
114) - NE4 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 120 PA14 - 1.1 S132 - 120 PA22 - 120 PA24 - 220 PA32

- 220 PA34 - 220 PA42 - 220 PA44 - 1.1 S124 - 1.1 S134 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X14 + 3900 X24 = 0

115) - NE5 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 1.1 S132 - 120 PA15 - 120 PA22 - 120 PA25 - 220 PA32 - 220 PA35 - 220 PA42 - 220 PA45 - 1.1 S125 - 1.1 S135 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X15 + 3900 X25 = 0

116) - NE6 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 120 PA13 - 120 PA16 - 1.1 S123 - 1.1 S133 - 120 PA23 - 120 PA26 - 220 PA33 - 220 PA36 - 220 PA43 - 220 PA46 - 1.1 S126 - 1.1 S136 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X16 + 3900 X26 = 0

117) - NE7 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 120 PA13 - 1.1 S123 - 1.1 S133 - 120 PA17 - 120 PA22 - 120 PA27 - 220 PA33 - 220 PA37 - 220 PA43 - 220 PA47 - 1.1 S127 - 1.1 S137 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X17 + 3900 X27 = 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 276746.30

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	371645.300000	NE5	263495.300000
NE6	281975.300000	NE7	173825.300000
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	30.000000
PA12	100.000000	S121	.000000
S131	.000000	PA13	100.000000
S122	.000000	PA14	77.500000
S132	22.500000	PA15	77.500000
PA16	77.500000	S123	.000000
S133	22.500000	PA17	77.500000

PA22	100.000000	PA23	100.000000
PA24	100.000000	PA25	100.000000
PA26	100.000000	PA27	100.000000
PA32	30.000000	PA33	30.000000
PA34	52.500000	PA35	52.500000
PA36	52.500000	PA37	52.500000
PA42	30.000000	PA43	30.000000
PA44	30.000000	PA45	30.000000
PA46	30.000000	PA47	30.000000
PE111	100.000000	PE112	77.500000
PE113	60.000000	PE114	77.500000
S124	.000000	S134	.000000
PE115	77.500000	S125	.000000
S135	.000000	PE116	77.500000
S126	.000000	S136	.000000
PE117	77.500000	S127	.000000
S137	.000000	PE211	28.000000
PE221	72.000000	PE212	63.100000
PE222	36.900000	PE213	10.000000
PE223	90.000000	PE214	92.500000
PE224	7.500000	PE215	28.000000
PE225	72.000000	PE216	92.500000
PE226	7.500000	PE217	.000000
PE227	100.000000	PE311	.000000
PE331	30.000000	PE312	.000000
PE332	30.000000	PE313	30.000000
PE333	.000000	PE314	.000000
PE334	52.500000	PE315	22.500000
PE335	30.000000	PE316	.000000
PE336	52.500000	PE317	22.500000

PE337	30.000000	PE411	.000000
PE421	30.000000	PE431	.000000
PE412	.000000	PE422	3.000000
PE432	27.000000	PE413	.000000
PE423	15.000000	PE433	15.000000
PE414	.000000	PE424	.000000
PE434	30.000000	PE415	.000000
PE425	30.000000	PE435	.000000
PE416	.000000	PE426	.000000
PE436	30.000000	PE417	28.000000
PE427	2.000000	PE437	.000000
X11	4.000000	X21	20.000000
X12	13.300000	X22	38.000000
X13	35.000000	X23	10.000000
X14	2.500000	X24	55.000000
X15	34.000000	X25	20.000000
X16	2.500000	X26	55.000000
X17	34.000000	X27	20.000000

Anhang 7: Beispiel zu Modell III \ Kompromißprogramm

- **Modellformulierung**

MAX π

SUBJECT TO

2) PA11 = 100
3) PA21 = 100
4) PA31 = 30
5) PA41 = 30
6) - PA11 + PA12 + S121 + S131 = 0
7) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
8) - PA12 + S122 + PA14 + S132 = 0
9) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
10) - PA13 + PA16 + S123 + S133 = 0
11) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
12) - PA21 - S121 + PA22 = 0
13) - PA21 - S121 + PA23 = 0
14) - S122 - PA22 + PA24 = 0
15) - S122 - PA22 + PA25 = 0
16) - S123 - PA23 + PA26 = 0
17) - S123 - PA23 + PA27 = 0
18) - PA31 - S131 + PA32 = 0
19) - PA31 - S131 + PA33 = 0
20) - S132 - PA32 + PA34 = 0
21) - S132 - PA32 + PA35 = 0
22) - S133 - PA33 + PA36 = 0
23) - S133 - PA33 + PA37 = 0
24) - PA41 + PA42 = 0
25) - PA41 + PA43 = 0

26) - PA42 + PA44 = 0

27) - PA42 + PA45 = 0

28) - PA43 + PA46 = 0

29) - PA43 + PA47 = 0

30) PA11 - S121 - S131 - PE111 >= 0

31) PA12 - S122 - S132 - PE112 >= 0

32) PA13 - S123 - S133 - PE113 >= 0

33) PA14 - PE114 - S124 - S134 >= 0

34) PA15 - PE115 - S125 - S135 >= 0

35) PA16 - PE116 - S126 - S136 >= 0

36) PA17 - PE117 - S127 - S137 >= 0

37) PA21 - PE211 - PE221 >= 0

38) PA22 - PE212 - PE222 >= 0

39) PA23 - PE213 - PE223 >= 0

40) PA24 - PE214 - PE224 >= 0

41) PA25 - PE215 - PE225 >= 0

42) PA26 - PE216 - PE226 >= 0

43) PA27 - PE217 - PE227 >= 0

44) PA31 - PE311 - PE331 >= 0

45) PA32 - PE312 - PE332 >= 0

46) PA33 - PE313 - PE333 >= 0

47) PA34 - PE314 - PE334 >= 0

48) PA35 - PE315 - PE335 >= 0

49) PA36 - PE316 - PE336 >= 0

50) PA37 - PE317 - PE337 >= 0

51) PA41 - PE411 - PE421 - PE431 >= 0

52) PA42 - PE412 - PE422 - PE432 >= 0

53) PA43 - PE413 - PE423 - PE433 >= 0

54) PA44 - PE414 - PE424 - PE434 >= 0

55) PA45 - PE415 - PE425 - PE435 >= 0

56) PA46 - PE416 - PE426 - PE436 >= 0

57) PA47 - PE417 - PE427 - PE437 >= 0

58) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - X11 - 2 X21 >= 0

59) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - X12 - 2 X22 >= 0

60) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - X13 - 2 X23 >= 0

61) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - X14 - 2 X24 >= 0

62) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - X15 - 2 X25 >= 0

63) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - X16 - 2 X26 >= 0

64) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - X17 - 2 X27 >= 0

65) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 4 X11 - 5 X21 <= 0

66) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 4 X12 - 5 X22 <= 0

67) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 4 X13 - 5 X23 <= 0

68) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 4 X14 - 5 X24 <= 0

69) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 4 X15 - 5 X25 <= 0

70) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 4 X16 - 5 X26 <= 0

71) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 4 X17 - 5 X27 <= 0

72) PE221 + PE421 - 2.5 X11 >= 0

73) PE222 + PE422 - 2.5 X12 >= 0

74) PE223 + PE423 - 2.5 X13 >= 0

75) PE224 + PE424 - 2.5 X14 >= 0

76) PE225 + PE425 - 2.5 X15 >= 0

77) PE226 + PE426 - 2.5 X16 >= 0

78) PE227 + PE427 - 2.5 X17 >= 0

79) PE221 + PE421 - 4 X11 <= 0

80) PE222 + PE422 - 4 X12 <= 0

81) PE223 + PE423 - 4 X13 <= 0

82) PE224 + PE424 - 4 X14 <= 0

83) PE225 + PE425 - 4 X15 <= 0

84) PE226 + PE426 - 4 X16 <= 0

85) PE227 + PE427 - 4 X17 <= 0

86) PE331 + PE431 - X21 >= 0

87) PE332 + PE432 - X22 >= 0

88) PE333 + PE433 - X23 >= 0

89) PE334 + PE434 - X24 >= 0

90) PE335 + PE435 - X25 >= 0

91) PE336 + PE436 - X26 >= 0

92) PE337 + PE437 - X27 >= 0

93) PE331 + PE431 - 3.5 X21 <= 0

94) PE332 + PE432 - 3.5 X22 <= 0

95) PE333 + PE433 - 3.5 X23 <= 0

96) PE334 + PE434 - 3.5 X24 <= 0

97) PE335 + PE435 - 3.5 X25 <= 0

98) PE336 + PE436 - 3.5 X26 <= 0

99) PE337 + PE437 - 3.5 X27 <= 0

100) X11 <= 40

101) X12 <= 55

102) X13 <= 40

103) X14 <= 65

104) X15 <= 40

105) X16 <= 65

106) X17 <= 40

107) X21 <= 22

108) X22 <= 43

109) X23 <= 13

110) X24 <= 65

111) X25 <= 22

112) X26 <= 65

113) X27 <= 22

114) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 – 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 120 PA14 - 1.1 S132 – 120 PA22 - 120 PA24 - 220 PA32 -

220 PA34 - 220 PA42 – 220 PA44 - 1.1 S124 - 1.1 S134 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X14 + 3900 X24 - NE4 = 0

115) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 – 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 1.1 S132 - 120 PA15 – 120 PA22 - 120 PA25 - 220 PA32 - 220 PA35 - 220 PA42 – 220 PA45 - 1.1 S125 - 1.1 S135 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X15 + 3900 X25 - NE5 = 0

116) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 – 1.1 S131 - 120 PA13 - 120 PA16 - 1.1 S123 - 1.1 S133 – 120 PA23 - 120 PA26 - 220 PA33 - 220 PA36 - 220 PA43 – 220 PA46 - 1.1 S126 - 1.1 S136 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X16 + 3900 X26 - NE6 = 0

117) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 – 1.1 S131 - 120 PA13 - 1.1 S123 - 1.1 S133 - 120 PA17 – 120 PA22 - 120 PA27 - 220 PA33 - 220 PA37 - 220 PA43 – 220 PA47 - 1.1 S127 - 1.1 S137 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X17 + 3900 X27 - NE7 = 0

118) 0.2 NE4 + 0.2 NE5 + 0.42 NE6 + 0.18 NE7 >= 276746.4

119) 62 π - PE111 - PE211 - PE311 - PE411 + 2 X11 + 3 X21 <= 62

120) 80 π - PE112 - PE212 - PE312 - PE412 + 2 X12 + 3 X22 <= 80

121) 53 π - PE113 - PE213 - PE313 - PE413 + 2 X13 + 3 X23 <= 53

122) 83 π - PE114 - PE214 - PE314 - PE414 + 2 X14 + 3 X24 <= 83

123) 62 π - PE115 - PE215 - PE315 - PE415 + 2 X15 + 3 X25 <= 62

124) 83 π - PE116 - PE216 - PE316 - PE416 + 2 X16 + 3 X26 <= 83

125) 62 π - PE117 - PE217 - PE317 - PE417 + 2 X17 + 3 X27 <= 62

126) 62 π + PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 3 X11 - 4 X21 <= 62

127) 80 π + PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 3 X12 - 4 X22 <= 80

128) 53 π + PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 3 X13 - 4 X23 <= 53

129) 83 π + PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 3 X14 - 4 X24 <= 83

130) 62 π + PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 3 X15 - 4 X25 <= 62

131) 83 π + PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 3 X16 - 4 X26 <= 83

132) 62 π + PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 3 X17 - 4 X27 <= 62

133) 20 π - PE221 - PE421 + 3 X11 <= 20

134) 18.5 π - PE222 - PE422 + 3 X12 <= 18.5

135) 20 π - PE223 - PE423 + 3 X13 <= 20

136) 9 π - PE224 - PE424 + 3 X14 <= 9

137) 20 π - PE225 - PE425 + 3 X15 <= 20
138) 9 π - PE226 - PE426 + 3 X16 <= 9
139) 20 π - PE227 - PE427 + 3 X17 <= 20
140) 20 π + PE221 + PE421 - 3.5 X11 <= 20
141) 18.5 π + PE222 + PE422 - 3.5 X12 <= 18.5
142) 20 π + PE223 + PE423 - 3.5 X13 <= 20
143) 9 π + PE224 + PE424 - 3.5 X14 <= 9
144) 20 π + PE225 + PE425 - 3.5 X15 <= 20
145) 9 π + PE226 + PE426 - 3.5 X16 <= 9
146) 20 π + PE227 + PE427 - 3.5 X17 <= 20
147) 11 π - PE331 - PE431 + 1.5 X21 <= 11
148) 21.5 π - PE332 - PE432 + 1.5 X22 <= 21.5
149) 6.5 π - PE333 - PE433 + 1.5 X23 <= 6.5
150) 32.5 π - PE334 - PE434 + 1.5 X24 <= 32.5
151) 11 π - PE335 - PE435 + 1.5 X25 <= 11
152) 32.5 π - PE336 - PE436 + 1.5 X26 <= 32.5
153) 11 π - PE337 - PE437 + 1.5 X27 <= 11
154) 22 π + PE331 + PE431 - 2.5 X21 <= 22
155) 43 π + PE332 + PE432 - 2.5 X22 <= 43
156) 13 π + PE333 + PE433 - 2.5 X23 <= 13
157) 65 π + PE334 + PE434 - 2.5 X24 <= 65
158) 22 π + PE335 + PE435 - 2.5 X25 <= 22
159) 65 π + PE336 + PE436 - 2.5 X26 <= 65
160) 22 π + PE337 + PE437 - 2.5 X27 <= 22
161) 5 π + X11 <= 40
162) 10 π + X12 <= 55
163) 5 π + X13 <= 40
164) 10 π + X14 <= 65
165) 5 π + X15 <= 40
166) 10 π + X16 <= 65

167) 5 π + X17 <= 40

168) 2 π + X21 <= 22

169) 5 π + X22 <= 43

170) 3 π + X23 <= 13

171) 10 π + X24 <= 65

172) 2 π + X25 <= 22

173) 10 π + X26 <= 65

174) 2 π + X27 <= 22

175) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 – S121 - S131 - S122 - 110 PA14 - S132 - 110 PA22 - 110 PA24 - 210 PA32 - 210 PA34 - 210 PA42 - 210 PA44 – S124 - S134 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X14 + 4000 X24 - NEO4 = 0

176) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 – S121 - S131 - S122 - S132 - 110 PA15 - 110 PA22 - 110 PA25 - 210 PA32 - 210 PA35 - 210 PA42 - 210 PA45 – S125 - S135 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X15 + 4000 X25 - NEO5 = 0

177) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 – S131 - 110 PA13 - 110 PA16 - S123 - S133 - 110 PA23 – 110 PA26 - 210 PA33 - 210 PA36 - 210 PA43 - 210 PA46 – S126 - S136 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X16 + 4000 X26 - NEO6 = 0

178) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 – S131 - 110 PA13 - S123 - S133 - 110 PA17 - 110 PA22 – 110 PA27 - 210 PA33 - 210 PA37 - 210 PA43 - 210 PA47 – S127 - S137 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X17 + 4000 X27 - NEO7 = 0

179) 106774.4 π - 0.2 NEO4 - 0.2 NEO5 - 0.42 NEO6 - 0.18 NEO7 <= - 276746.4

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) .56601600

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
π	.566016		
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	30.000000
PA12	100.000000	S121	.000000
S131	.000000	PA13	100.000000
S122	.000000	PA14	85.094720
S132	14.905280	PA15	85.094720
PA16	85.094720	S123	.000000
S133	14.905280	PA17	85.094720
PA22	100.000000	PA23	100.000000
PA24	100.000000	PA25	100.000000
PA26	100.000000	PA27	100.000000
PA32	30.000000	PA33	30.000000
PA34	44.905280	PA35	44.905280
PA36	44.905280	PA37	44.905280
PA42	30.000000	PA43	30.000000
PA44	30.000000	PA45	30.000000
PA46	30.000000	PA47	30.000000
PE111	79.394940	PE112	85.094720
PE113	85.094720	PE114	85.094720
S124	.000000	S134	.000000
PE115	85.094720	S125	.000000
S135	.000000	PE116	85.094720
S126	.000000	S136	.000000
PE117	64.489660	S127	.000000
S137	.000000	PE211	.6417920
PE221	99.358210	PE212	38.183810
PE222	61.816190	PE213	.149822
PE223	72.830080	PE214	75.704820

PE224	24.295180	PE215	.000000
PE225	79.394940	PE216	75.704820
PE226	24.295180	PE217	.000000
PE227	100.000000	PE311	30.000000
PE331	.000000	PE312	9.075776
PE332	20.924220	PE313	.000000
PE333	14.132030	PE314	.000000
PE334	44.905280	PE315	24.942010
PE335	19.963270	PE316	.000000
PE336	44.905280	PE317	44.905280
PE337	.000000	PE411	.000000
PE421	3.471872	PE431	26.528130
PE412	.000000	PE422	.000000
PE432	30.000000	PE413	.000000
PE423	30.000000	PE433	.000000
PE414	.000000	PE424	.000000
PE434	30.000000	PE415	.000000
PE425	23.435140	PE435	6.564862
PE416	.000000	PE426	.000000
PE436	30.000000	PE417	.641792
PE427	2.830080	PE437	26.528130
X11	37.169920	X21	20.867970
X12	23.281630	X22	40.169920
X13	37.169920	X23	11.301950
X14	9.400346	X24	59.339840
X15	37.169920	X25	20.867970
X16	9.400346	X26	59.339840
X17	37.169920	X27	20.867970
NE4	419232.900000	NE5	294185.300000
NE6	319147.300000	NE7	194099.600000

NEO4	446057.400000	NEO5	319939.500000
NEO6	344473.800000	NEO7	218355.900000

Anhang 8: Beispiel zu Modell IV \ Hilfsmodell I

- **Modellformulierung**

MAX 0.0225 NE4 + 0.135 NE5 + 0.2225 NE6 + 0.62 NE7

SUBJECT TO

2) PA11 = 100
3) PA21 = 100
4) PA31 = 30
5) PA41 = 30
6) - PA11 + PA12 + S121 + S131 = 0
7) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
8) - PA12 + S122 + PA14 + S132 = 0
9) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
10) - PA13 + PA16 + S123 + S133 = 0
11) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
12) - PA21 - S121 + PA22 = 0
13) - PA21 - S121 + PA23 = 0
14) - S122 - PA22 + PA24 = 0
15) - S122 - PA22 + PA25 = 0
16) - S123 - PA23 + PA26 = 0
17) - S123 - PA23 + PA27 = 0
18) - PA31 - S131 + PA32 = 0
19) - PA31 - S131 + PA33 = 0
20) - S132 - PA32 + PA34 = 0
21) - S132 - PA32 + PA35 = 0
22) - S133 - PA33 + PA36 = 0
23) - S133 - PA33 + PA37 = 0
24) - PA41 + PA42 = 0

25) - PA41 + PA43 = 0
26) - PA42 + PA44 = 0
27) - PA42 + PA45 = 0
28) - PA43 + PA46 = 0
29) - PA43 + PA47 = 0
30) PA11 - S121 - S131 - PE111 >= 0
31) PA12 - S122 - S132 - PE112 >= 0
32) PA13 - S123 - S133 - PE113 >= 0
33) PA14 - PE114 - S124 - S134 >= 0
34) PA15 - PE115 - S125 - S135 >= 0
35) PA16 - PE116 - S126 - S136 >= 0
36) PA17 - PE117 - S127 - S137 >= 0
37) PA21 - PE211 - PE221 >= 0
38) PA22 - PE212 - PE222 >= 0
39) PA23 - PE213 - PE223 >= 0
40) PA24 - PE214 - PE224 >= 0
41) PA25 - PE215 - PE225 >= 0
42) PA26 - PE216 - PE226 >= 0
43) PA27 - PE217 - PE227 >= 0
44) PA31 - PE311 - PE331 >= 0
45) PA32 - PE312 - PE332 >= 0
46) PA33 - PE313 - PE333 >= 0
47) PA34 - PE314 - PE334 >= 0
48) PA35 - PE315 - PE335 >= 0
49) PA36 - PE316 - PE336 >= 0
50) PA37 - PE317 - PE337 >= 0
51) PA41 - PE411 - PE421 - PE431 >= 0
52) PA42 - PE412 - PE422 - PE432 >= 0
53) PA43 - PE413 - PE423 - PE433 >= 0
54) PA44 - PE414 - PE424 - PE434 >= 0

55) PA45 - PE415 - PE425 - PE435 >= 0
56) PA46 - PE416 - PE426 - PE436 >= 0
57) PA47 - PE417 - PE427 - PE437 >= 0
58) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - X11 - 2 X21 >= 0
59) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - X12 - 2 X22 >= 0
60) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - X13 - 2 X23 >= 0
61) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - X14 - 2 X24 >= 0
62) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - X15 - 2 X25 >= 0
63) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - X16 - 2 X26 >= 0
64) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - X17 - 2 X27 >= 0
65) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 4 X11 - 5 X21 <= 0
66) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 4 X12 - 5 X22 <= 0
67) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 4 X13 - 5 X23 <= 0
68) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 4 X14 - 5 X24 <= 0
69) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 4 X15 - 5 X25 <= 0
70) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 4 X16 - 5 X26 <= 0
71) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 4 X17 - 5 X27 <= 0
72) PE221 + PE421 - 2.5 X11 >= 0
73) PE222 + PE422 - 2.5 X12 >= 0
74) PE223 + PE423 - 2.5 X13 >= 0
75) PE224 + PE424 - 2.5 X14 >= 0
76) PE225 + PE425 - 2.5 X15 >= 0
77) PE226 + PE426 - 2.5 X16 >= 0
78) PE227 + PE427 - 2.5 X17 >= 0
79) PE221 + PE421 - 4 X11 <= 0
80) PE222 + PE422 - 4 X12 <= 0
81) PE223 + PE423 - 4 X13 <= 0
82) PE224 + PE424 - 4 X14 <= 0
83) PE225 + PE425 - 4 X15 <= 0
84) PE226 + PE426 - 4 X16 <= 0

85) PE227 + PE427 - 4 X17 <= 0

86) PE331 + PE431 - X21 >= 0

87) PE332 + PE432 - X22 >= 0

88) PE333 + PE433 - X23 >= 0

89) PE334 + PE434 - X24 >= 0

90) PE335 + PE435 - X25 >= 0

91) PE336 + PE436 - X26 >= 0

92) PE337 + PE437 - X27 >= 0

93) PE331 + PE431 - 3.5 X21 <= 0

94) PE332 + PE432 - 3.5 X22 <= 0

95) PE333 + PE433 - 3.5 X23 <= 0

96) PE334 + PE434 - 3.5 X24 <= 0

97) PE335 + PE435 - 3.5 X25 <= 0

98) PE336 + PE436 - 3.5 X26 <= 0

99) PE337 + PE437 - 3.5 X27 <= 0

100) X11 <= 40

101) X12 <= 55

102) X13 <= 40

103) X14 <= 65

104) X15 <= 40

105) X16 <= 65

106) X17 <= 40

107) X21 <= 22

108) X22 <= 43

109) X23 <= 13

110) X24 <= 65

111) X25 <= 22

112) X26 <= 65

113) X27 <= 22

114) - NE4 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 - S121 - S131 - S122 - 110 PA14 - S132 - 110 PA22 - 110 PA24 - 210 PA32 - 210

PA34 - 210 PA42 - 210 PA44 - S124 - S134 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X14 + 4000 X24 = 0

115) - NE5 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 - S121 - S131 - S122 - S132 - 110 PA15 - 110 PA22 - 110 PA25 - 210 PA32 - 210 PA35 - 210 PA42 - 210 PA45 - S125 - S135 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X15 + 4000 X25 = 0

116) - NE6 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 - S131 - 110 PA13 - 110 PA16 - S123 - S133 - 110 PA23 - 110 PA26 - 210 PA33 - 210 PA36 - 210 PA43 - 210 PA46 - S126 - S136 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X16 + 4000 X26 = 0

117) - NE7 - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 - S131 - 110 PA13 - S123 - S133 - 110 PA17 - 110 PA22 - 110 PA27 - 210 PA33 - 210 PA37 - 210 PA43 - 210 PA47 - S127 - S137 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X17 + 4000 X27 = 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 298855.00

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	510266.400000	NE5	359695.000000
NE6	394266.400000	NE7	243695.000000
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	30.000000
PA12	100.000000	S121	.000000
S131	.000000	PA13	100.000000
S122	.000000	PA14	95.000000
S132	5.000000	PA15	95.000000
PA16	95.000000	S123	.000000
S133	5.000000	PA17	95.000000

PA22	100.000000	PA23	100.000000
PA24	100.000000	PA25	100.000000
PA26	100.000000	PA27	100.000000
PA32	30.000000	PA33	30.000000
PA34	35.000000	PA35	35.000000
PA36	35.000000	PA37	35.000000
PA42	30.000000	PA43	30.000000
PA44	30.000000	PA45	30.000000
PA46	30.000000	PA47	30.000000
PE111	76.000000	PE112	95.000000
PE113	19.000000	PE114	95.000000
S124	.000000	S134	.000000
PE115	95.000000	S125	.000000
S135	.000000	PE116	95.000000
S126	.000000	S136	.000000
PE117	41.000000	S127	.000000
S137	.000000	PE211	.000000
PE221	100.000000	PE212	27.000000
PE222	73.000000	PE213	.000000
PE223	100.000000	PE214	53.571430
PE224	46.428570	PE215	.000000
PE225	70.000000	PE216	53.571430
PE226	46.428570	PE217	.000000
PE227	100.000000	PE311	8.000000
PE331	22.000000	PE312	.000000
PE332	30.000000	PE313	17.000000
PE333	13.000000	PE314	.000000
PE334	35.000000	PE315	13.000000
PE335	22.000000	PE316	.000000
PE336	35.000000	PE317	13.000000

PE337	22.000000	PE411	.000000
PE421	30.000000	PE431	.000000
PE412	.000000	PE422	17.000000
PE432	13.000000	PE413	30.000000
PE423	.000000	PE433	.000000
PE414	.000000	PE424	.000000
PE434	30.000000	PE415	.000000
PE425	30.000000	PE435	.000000
PE416	.000000	PE426	.000000
PE436	30.000000	PE417	30.000000
PE427	.000000	PE437	.000000
X11	40.000000	X21	22.000000
X12	36.000000	X22	43.000000
X13	40.000000	X23	13.000000
X14	18.571430	X24	65.000000
X15	40.000000	X25	22.000000
X16	18.571430	X26	65.000000
X17	40.000000	X27	22.000000

Anhang 9: Beispiel zu Modell IV \ Hilfsmodell II

- **Modellformulierung**

MAX 0.0225 NE4 + 0.135 NE5 + 0.2225 NE6 + 0.62 NE7

SUBJECT TO

2) PA11 = 100
3) PA21 = 100
4) PA31 = 30
5) PA41 = 30
6) - PA11 + PA12 + S121 + S131 = 0
7) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
8) - PA12 + S122 + PA14 + S132 = 0
9) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
10) - PA13 + PA16 + S123 + S133 = 0
11) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
12) - PA21 - S121 + PA22 = 0
13) - PA21 - S121 + PA23 = 0
14) - S122 - PA22 + PA24 = 0
15) - S122 - PA22 + PA25 = 0
16) - S123 - PA23 + PA26 = 0
17) - S123 - PA23 + PA27 = 0
18) - PA31 - S131 + PA32 = 0
19) - PA31 - S131 + PA33 = 0
20) - S132 - PA32 + PA34 = 0
21) - S132 - PA32 + PA35 = 0
22) - S133 - PA33 + PA36 = 0
23) - S133 - PA33 + PA37 = 0

24) - PA41 + PA42 = 0
25) - PA41 + PA43 = 0
26) - PA42 + PA44 = 0
27) - PA42 + PA45 = 0
28) - PA43 + PA46 = 0
29) - PA43 + PA47 = 0
30) PA11 - S121 - S131 - PE111 >= 0
31) PA12 - S122 - S132 - PE112 >= 0
32) PA13 - S123 - S133 - PE113 >= 0
33) PA14 - PE114 - S124 - S134 >= 0
34) PA15 - PE115 - S125 - S135 >= 0
35) PA16 - PE116 - S126 - S136 >= 0
36) PA17 - PE117 - S127 - S137 >= 0
37) PA21 - PE211 - PE221 >= 0
38) PA22 - PE212 - PE222 >= 0
39) PA23 - PE213 - PE223 >= 0
40) PA24 - PE214 - PE224 >= 0
41) PA25 - PE215 - PE225 >= 0
42) PA26 - PE216 - PE226 >= 0
43) PA27 - PE217 - PE227 >= 0
44) PA31 - PE311 - PE331 >= 0
45) PA32 - PE312 - PE332 >= 0
46) PA33 - PE313 - PE333 >= 0
47) PA34 - PE314 - PE334 >= 0
48) PA35 - PE315 - PE335 >= 0
49) PA36 - PE316 - PE336 >= 0
50) PA37 - PE317 - PE337 >= 0
51) PA41 - PE411 - PE421 - PE431 >= 0
52) PA42 - PE412 - PE422 - PE432 >= 0
53) PA43 - PE413 - PE423 - PE433 >= 0

54) PA44 - PE414 - PE424 - PE434 >= 0
55) PA45 - PE415 - PE425 - PE435 >= 0
56) PA46 - PE416 - PE426 - PE436 >= 0
57) PA47 - PE417 - PE427 - PE437 >= 0
58) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 2 X11 - 3 X21 >= 0
59) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 2 X12 - 3 X22 >= 0
60) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 2 X13 - 3 X23 >= 0
61) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 2 X14 - 3 X24 >= 0
62) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 2 X15 - 3 X25 >= 0
63) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 2 X16 - 3 X26 >= 0
64) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 2 X17 - 3 X27 >= 0
65) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 3 X11 - 4 X21 <= 0
66) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 3 X12 - 4 X22 <= 0
67) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 3 X13 - 4 X23 <= 0
68) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 3 X14 - 4 X24 <= 0
69) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 3 X15 - 4 X25 <= 0
70) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 3 X16 - 4 X26 <= 0
71) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 3 X17 - 4 X27 <= 0
72) PE221 + PE421 - 3 X11 >= 0
73) PE222 + PE422 - 3 X12 >= 0
74) PE223 + PE423 - 3 X13 >= 0
75) PE224 + PE424 - 3 X14 >= 0
76) PE225 + PE425 - 3 X15 >= 0
77) PE226 + PE426 - 3 X16 >= 0
78) PE227 + PE427 - 3 X17 >= 0
79) PE221 + PE421 - 3.5 X11 <= 0
80) PE222 + PE422 - 3.5 X12 <= 0
81) PE223 + PE423 - 3.5 X13 <= 0
82) PE224 + PE424 - 3.5 X14 <= 0
83) PE225 + PE425 - 3.5 X15 <= 0

84) PE226 + PE426 - 3.5 X16 <= 0
85) PE227 + PE427 - 3.5 X17 <= 0
86) PE331 + PE431 - 1.5 X21 >= 0
87) PE332 + PE432 - 1.5 X22 >= 0
88) PE333 + PE433 - 1.5 X23 >= 0
89) PE334 + PE434 - 1.5 X24 >= 0
90) PE335 + PE435 - 1.5 X25 >= 0
91) PE336 + PE436 - 1.5 X26 >= 0
92) PE337 + PE437 - 1.5 X27 >= 0
93) PE331 + PE431 - 2.5 X21 <= 0
94) PE332 + PE432 - 2.5 X22 <= 0
95) PE333 + PE433 - 2.5 X23 <= 0
96) PE334 + PE434 - 2.5 X24 <= 0
97) PE335 + PE435 - 2.5 X25 <= 0
98) PE336 + PE436 - 2.5 X26 <= 0
99) PE337 + PE437 - 2.5 X27 <= 0
100) X11 <= 35
101) X12 <= 45
102) X13 <= 35
103) X14 <= 55
104) X15 <= 35
105) X16 <= 55
106) X17 <= 35
107) X21 <= 20
108) X22 <= 38
109) X23 <= 10
110) X24 <= 55
111) X25 <= 20
112) X26 <= 55
113) X27 <= 20

114) - NE4 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 120 PA14 - 1.1 S132 - 120 PA22 - 120 PA24 - 220 PA32 - 220 PA34 - 220 PA42 - 220 PA44 - 1.1 S124 - 1.1 S134 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X14 + 3900 X24 = 0

115) - NE5 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 1.1 S132 - 120 PA15 - 120 PA22 - 120 PA25 - 220 PA32 - 220 PA35 - 220 PA42 - 220 PA45 - 1.1 S125 - 1.1 S135 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X15 + 3900 X25 = 0

116) - NE6 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 120 PA13 - 120 PA16 - 1.1 S123 - 1.1 S133 - 120 PA23 - 120 PA26 - 220 PA33 - 220 PA36 - 220 PA43 - 220 PA46 - 1.1 S126 - 1.1 S136 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X16 + 3900 X26 = 0

117) - NE7 - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 - 1.1 S131 - 120 PA13 - 1.1 S123 - 1.1 S133 - 120 PA17 - 120 PA22 - 120 PA27 - 220 PA33 - 220 PA37 - 220 PA43 - 220 PA47 - 1.1 S127 - 1.1 S137 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X17 + 3900 X27 = 0

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 214445.00

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
NE4	371645.300000	NE5	263495.300000
NE6	281975.300000	NE7	173825.300000
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	30.000000
PA12	100.000000	S121	.000000
S131	.000000	PA13	10.000000
S122	.000000	PA14	77.500000
S132	22.500000	PA15	77.500000
PA16	77.500000	S123	.000000

S133	22.500000	PA17	77.500000
PA22	100.000000	PA23	100.000000
PA24	100.000000	PA25	100.000000
PA26	100.000000	PA27	100.000000
PA32	30.000000	PA33	30.000000
PA34	52.500000	PA35	52.500000
PA36	52.500000	PA37	52.500000
PA42	30.000000	PA43	30.000000
PA44	30.000000	PA45	30.000000
PA46	30.000000	PA47	30.000000
PE111	100.000000	PE112	77.500000
PE113	60.000000	PE114	77.500000
S124	.000000	S134	.000000
PE115	77.500000	S125	.000000
S135	.000000	PE116	77.500000
S126	.000000	S136	.000000
PE117	77.500000	S127	.000000
S137	.000000	PE211	28.000000
PE221	72.000000	PE212	63.100000
PE222	36.900000	PE213	10.000000
PE223	90.000000	PE214	92.500000
PE224	7.500000	PE215	.000000
PE225	100.000000	PE216	92.500000
PE226	7.500000	PE217	28.000000
PE227	72.000000	PE311	.000000
PE331	30.000000	PE312	.000000
PE332	30.000000	PE313	30.000000
PE333	.000000	PE314	.000000
PE334	52.500000	PE315	50.500000
PE335	2.000000	PE316	.000000

PE336	52.500000	PE317	22.500000
PE337	30.000000	PE411	.000000
PE421	30.000000	PE431	.000000
PE412	.000000	PE422	3.000000
PE432	27.000000	PE413	.000000
PE423	15.000000	PE433	15.000000
PE414	.000000	PE424	.000000
PE434	30.000000	PE415	.000000
PE425	2.000000	PE435	28.000000
PE416	.000000	PE426	.000000
PE436	30.000000	PE417	.000000
PE427	30.000000	PE437	.000000
X11	34.000000	X21	20.000000
X12	13.300000	X22	38.000000
X13	35.000000	X23	10.000000
X14	2.500000	X24	55.000000
X15	34.000000	X25	20.000000
X16	2.500000	X26	55.000000
X17	34.000000	X27	20.000000

Anhang 10: Beispiel zu Modell IV \ Kompromißprogramm

- **Modellformulierung**

MAX π

SUBJECT TO

2) PA11 = 100
3) PA21 = 100
4) PA31 = 30
5) PA41 = 30
6) - PA11 + PA12 + S121 + S131 = 0
7) - PA11 + S121 + S131 + PA13 = 0
8) - PA12 + S122 + PA14 + S132 = 0
9) - PA12 + S122 + S132 + PA15 = 0
10) - PA13 + PA16 + S123 + S133 = 0
11) - PA13 + S123 + S133 + PA17 = 0
12) - PA21 - S121 + PA22 = 0
13) - PA21 - S121 + PA23 = 0
14) - S122 - PA22 + PA24 = 0
15) - S122 - PA22 + PA25 = 0
16) - S123 - PA23 + PA26 = 0
17) - S123 - PA23 + PA27 = 0
18) - PA31 - S131 + PA32 = 0
19) - PA31 - S131 + PA33 = 0
20) - S132 - PA32 + PA34 = 0
21) - S132 - PA32 + PA35 = 0
22) - S133 - PA33 + PA36 = 0
23) - S133 - PA33 + PA37 = 0
24) - PA41 + PA42 = 0

25) - PA41 + PA43 = 0
26) - PA42 + PA44 = 0
27) - PA42 + PA45 = 0
28) - PA43 + PA46 = 0
29) - PA43 + PA47 = 0
30) PA11 - S121 - S131 - PE111 >= 0
31) PA12 - S122 - S132 - PE112 >= 0
32) PA13 - S123 - S133 - PE113 >= 0
33) PA14 - PE114 - S124 - S134 >= 0
34) PA15 - PE115 - S125 - S135 >= 0
35) PA16 - PE116 - S126 - S136 >= 0
36) PA17 - PE117 - S127 - S137 >= 0
37) PA21 - PE211 - PE221 >= 0
38) PA22 - PE212 - PE222 >= 0
39) PA23 - PE213 - PE223 >= 0
40) PA24 - PE214 - PE224 >= 0
41) PA25 - PE215 - PE225 >= 0
42) PA26 - PE216 - PE226 >= 0
43) PA27 - PE217 - PE227 >= 0
44) PA31 - PE311 - PE331 >= 0
45) PA32 - PE312 - PE332 >= 0
46) PA33 - PE313 - PE333 >= 0
47) PA34 - PE314 - PE334 >= 0
48) PA35 - PE315 - PE335 >= 0
49) PA36 - PE316 - PE336 >= 0
50) PA37 - PE317 - PE337 >= 0
51) PA41 - PE411 - PE421 - PE431 >= 0
52) PA42 - PE412 - PE422 - PE432 >= 0
53) PA43 - PE413 - PE423 - PE433 >= 0
54) PA44 - PE414 - PE424 - PE434 >= 0

55) PA45 - PE415 - PE425 - PE435 >= 0
56) PA46 - PE416 - PE426 - PE436 >= 0
57) PA47 - PE417 - PE427 - PE437 >= 0
58) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - X11 - 2 X21 >= 0
59) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - X12 - 2 X22 >= 0
60) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - X13 - 2 X23 >= 0
61) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - X14 - 2 X24 >= 0
62) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - X15 - 2 X25 >= 0
63) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - X16 - 2 X26 >= 0
64) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - X17 - 2 X27 >= 0
65) PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 4 X11 - 5 X21 <= 0
66) PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 4 X12 - 5 X22 <= 0
67) PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 4 X13 - 5 X23 <= 0
68) PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 4 X14 - 5 X24 <= 0
69) PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 4 X15 - 5 X25 <= 0
70) PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 4 X16 - 5 X26 <= 0
71) PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 4 X17 - 5 X27 <= 0
72) PE221 + PE421 - 2.5 X11 >= 0
73) PE222 + PE422 - 2.5 X12 >= 0
74) PE223 + PE423 - 2.5 X13 >= 0
75) PE224 + PE424 - 2.5 X14 >= 0
76) PE225 + PE425 - 2.5 X15 >= 0
77) PE226 + PE426 - 2.5 X16 >= 0
78) PE227 + PE427 - 2.5 X17 >= 0
79) PE221 + PE421 - 4 X11 <= 0
80) PE222 + PE422 - 4 X12 <= 0
81) PE223 + PE423 - 4 X13 <= 0
82) PE224 + PE424 - 4 X14 <= 0
83) PE225 + PE425 - 4 X15 <= 0
84) PE226 + PE426 - 4 X16 <= 0

85) PE227 + PE427 - 4 X17 <= 0

86) PE331 + PE431 - X21 >= 0

87) PE332 + PE432 - X22 >= 0

88) PE333 + PE433 - X23 >= 0

89) PE334 + PE434 - X24 >= 0

90) PE335 + PE435 - X25 >= 0

91) PE336 + PE436 - X26 >= 0

92) PE337 + PE437 - X27 >= 0

93) PE331 + PE431 - 3.5 X21 <= 0

94) PE332 + PE432 - 3.5 X22 <= 0

95) PE333 + PE433 - 3.5 X23 <= 0

96) PE334 + PE434 - 3.5 X24 <= 0

97) PE335 + PE435 - 3.5 X25 <= 0

98) PE336 + PE436 - 3.5 X26 <= 0

99) PE337 + PE437 - 3.5 X27 <= 0

100) X11 <= 40

101) X12 <= 55

102) X13 <= 40

103) X14 <= 65

104) X15 <= 40

105) X16 <= 65

106) X17 <= 40

107) X21 <= 22

108) X22 <= 43

109) X23 <= 13

110) X24 <= 65

111) X25 <= 22

112) X26 <= 65

113) X27 <= 22

114) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 – 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 120 PA14 - 1.1 S132 – 120 PA22 - 120 PA24 - 220 PA32 -

220 PA34 - 220 PA42 – 220 PA44 - 1.1 S124 - 1.1 S134 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X14 + 3900 X24 - NE4 = 0

115) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 120 PA12 – 1.1 S121 - 1.1 S131 - 1.1 S122 - 1.1 S132 - 120 PA15 – 120 PA22 - 120 PA25 - 220 PA32 - 220 PA35 - 220 PA42 – 220 PA45 - 1.1 S125 - 1.1 S135 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X12 + 3900 X22 + 900 X15 + 3900 X25 - NE5 = 0

116) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 – 1.1 S131 - 120 PA13 - 120 PA16 - 1.1 S123 - 1.1 S133 – 120 PA23 - 120 PA26 - 220 PA33 - 220 PA36 - 220 PA43 – 220 PA46 - 1.1 S126 - 1.1 S136 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X16 + 3900 X26 - NE6 = 0

117) - 120 PA11 - 120 PA21 - 220 PA31 - 220 PA41 - 1.1 S121 – 1.1 S131 - 120 PA13 - 1.1 S123 - 1.1 S133 - 120 PA17 – 120 PA22 - 120 PA27 - 220 PA33 - 220 PA37 - 220 PA43 – 220 PA47 - 1.1 S127 - 1.1 S137 + 900 X11 + 3900 X21 + 900 X13 + 3900 X23 + 900 X17 + 3900 X27 - NE7 = 0

118) 0.0225 NE4 + 0.135 NE5 + 0.2225 NE6 + 0.62 NE7 >= 214445

119) 62 π - PE111 - PE211 - PE311 - PE411 + 2 X11 + 3 X21 <= 62

120) 79 π - PE112 - PE212 - PE312 - PE412 + 2 X12 + 3 X22 <= 79

121) 53 π - PE113 - PE213 - PE313 - PE413 + 2 X13 + 3 X23 <= 53

122) 83 π - PE114 - PE214 - PE314 - PE414 + 2 X14 + 3 X24 <= 83

123) 62 π - PE115 - PE215 - PE315 - PE415 + 2 X15 + 3 X25 <= 62

124) 83 π - PE116 - PE216 - PE316 - PE416 + 2 X16 + 3 X26 <= 83

125) 62 π - PE117 - PE217 - PE317 - PE417 + 2 X17 + 3 X27 <= 62

126) 62 π + PE111 + PE211 + PE311 + PE411 - 3 X11 - 4 X21 <= 62

127) 79 π + PE112 + PE212 + PE312 + PE412 - 3 X12 - 4 X22 <= 79

128) 53 π + PE113 + PE213 + PE313 + PE413 - 3 X13 - 4 X23 <= 53

129) 83 π + PE114 + PE214 + PE314 + PE414 - 3 X14 - 4 X24 <= 83

130) 62 π + PE115 + PE215 + PE315 + PE415 - 3 X15 - 4 X25 <= 62

131) 83 π + PE116 + PE216 + PE316 + PE416 - 3 X16 - 4 X26 <= 83

132) 62 π + PE117 + PE217 + PE317 + PE417 - 3 X17 - 4 X27 <= 62

133) 20 π - PE221 - PE421 + 3 X11 <= 20

134) 18 π - PE222 - PE422 + 3 X12 <= 18

135) 20 π - PE223 - PE423 + 3 X13 <= 20

136) 9 π - PE224 - PE424 + 3 X14 <= 9

137) 20 π - PE225 - PE425 + 3 X15 <= 20
138) 9 π - PE226 - PE426 + 3 X16 <= 9
139) 20 π - PE227 - PE427 + 3 X17 <= 20
140) 20 π + PE221 + PE421 - 3.5 X11 <= 20
141) 18 π + PE222 + PE422 - 3.5 X12 <= 18
142) 20 π + PE223 + PE423 - 3.5 X13 <= 20
143) 9 π + PE224 + PE424 - 3.5 X14 <= 9
144) 20 π + PE225 + PE425 - 3.5 X15 <= 20
145) 9 π + PE226 + PE426 - 3.5 X16 <= 9
146) 20 π + PE227 + PE427 - 3.5 X17 <= 20
147) 11 π - PE331 - PE431 + 1.5 X21 <= 11
148) 21.5 π - PE332 - PE432 + 1.5 X22 <= 21.5
149) 6.5 π - PE333 - PE433 + 1.5 X23 <= 6.5
150) 32.5 π - PE334 - PE434 + 1.5 X24 <= 32.5
151) 11 π - PE335 - PE435 + 1.5 X25 <= 11
152) 32.5 π - PE336 - PE436 + 1.5 X26 <= 32.5
153) 11 π - PE337 - PE437 + 1.5 X27 <= 11
154) 22 π + PE331 + PE431 - 2.5 X21 <= 22
155) 43 π + PE332 + PE432 - 2.5 X22 <= 43
156) 13 π + PE333 + PE433 - 2.5 X23 <= 13
157) 65 π + PE334 + PE434 - 2.5 X24 <= 65
158) 22 π + PE335 + PE435 - 2.5 X25 <= 22
159) 65 π + PE336 + PE436 - 2.5 X26 <= 65
160) 22 π + PE337 + PE437 - 2.5 X27 <= 22
161) 5 π + X11 <= 40
162) 10 π + X12 <= 55
163) 5 π + X13 <= 40
164) 10 π + X14 <= 65
165) 5 π + X15 <= 40
166) 10 π + X16 <= 65

167) 5 π + X17 <= 40

168) 2 π + X21 <= 22

169) 5 π + X22 <= 43

170) 3 π + X23 <= 13

171) 10 π + X24 <= 65

172) 2 π + X25 <= 22

173) 10 π + X26 <= 65

174) 2 π + X27 <= 22

175) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 – S121 - S131 - S122 - 110 PA14 - S132 - 110 PA22 - 110 PA24 - 210 PA32 - 210 PA34 - 210 PA42 - 210 PA44 – S124 - S134 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X14 + 4000 X24 - NEO4 = 0

176) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - 110 PA12 – S121 - S131 - S122 - S132 - 110 PA15 - 110 PA22 - 110 PA25 - 210 PA32 - 210 PA35 - 210 PA42 - 210 PA45 – S125 - S135 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X12 + 4000 X22 + 1000 X15 + 4000 X25 - NEO5 = 0

177) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 – S131 - 110 PA13 - 110 PA16 - S123 - S133 - 110 PA23 – 110 PA26 - 210 PA33 - 210 PA36 - 210 PA43 - 210 PA46 – S126 - S136 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X16 + 4000 X26 - NEO6 = 0

178) - 110 PA11 - 110 PA21 - 210 PA31 - 210 PA41 - S121 – S131 - 110 PA13 - S123 - S133 - 110 PA17 - 110 PA22 – 110 PA27 - 210 PA33 - 210 PA37 - 210 PA43 - 210 PA47 – S127 - S137 + 1000 X11 + 4000 X21 + 1000 X13 + 4000 X23 + 1000 X17 + 4000 X27 - NEO7 = 0

179) 84410 π - 0.0225 NEO4 - 0.135 NEO5 - 0.2225 NEO6 – 0.62 NEO7 <= - 214445

END

- **Lösung:**

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) .58706250

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
π	.587062		
PA11	100.000000	PA21	100.000000
PA31	30.000000	PA41	30.000000
PA12	100.000000	S121	.000000
S131	.000000	PA13	100.000000
S122	.000000	PA14	100.000000
S132	.000000	PA15	100.000000
PA16	84.726410	S123	.000000
S133	15.273590	PA17	84.726410
PA22	100.000000	PA23	100.000000
PA24	100.000000	PA25	100.000000
PA26	100.000000	PA27	100.000000
PA32	30.000000	PA33	30.000000
PA34	30.000000	PA35	30.000000
PA36	45.273590	PA37	45.273590
PA42	30.000000	PA43	30.000000
PA44	30.000000	PA45	30.000000
PA46	30.000000	PA47	30.000000
PE111	83.940190	PE112	100.000000
PE113	43.069560	PE114	100.000000
S124	.000000	S134	.000000
PE115	100.000000	S125	.000000
S135	.000000	PE116	84.726410
S126	.000000	S136	.000000
PE117	84.726410	S127	.000000
S137	.000000	PE211	27.064690
PE221	72.935310	PE212	39.028800
PE222	60.971200	PE213	.000000
PE223	100.000000	PE214	49.026850

PE224	50.973150	PE215	.000000
PE225	80.636690	PE216	76.519320
PE226	23.480680	PE217	.000000
PE227	100.000000	PE311	.000000
PE331	30.000000	PE312	.000000
PE332	30.000000	PE313	30.000000
PE333	.000000	PE314	.000000
PE334	30.000000	PE315	11.004870
PE335	18.995130	PE316	.000000
PE336	45.273590	PE317	26.278470
PE337	18.995130	PE411	.000000
PE421	30.000000	PE431	.000000
PE412	.000000	PE422	8.781126
PE432	21.218870	PE413	12.890560
PE423	2.935312	PE433	14.174120
PE414	.000000	PE424	.000000
PE434	30.000000	PE415	.000000
PE425	22.298630	PE435	7.701373
PE416	.000000	PE426	.000000
PE436	30.000000	PE417	.000000
PE427	2.935312	PE437	27.064690
X11	37.064690	X21	20.825870
X12	25.728400	X22	40.064690
X13	37.064690	X23	11.238810
X14	18.229860	X24	48.946980
X15	37.064690	X25	20.825870
X16	9.065707	X26	59.129380
X17	37.064690	X27	20.825870
NE4	389687.100000	NE5	296966.100000
NE6	317388.300000	NE7	193203.700000

NEO4	416573.100000	NEO5	322923.500000
NEO6	342628.700000	NEO7	217413.700000

Symbolverzeichnis

Logische Symbole, Relationen:

$\Leftrightarrow$ Äquivalenzzeichen

$\Rightarrow$ Implikationszeichen

$:=$ definierendes Gleichheitszeichen

$\subseteq$ echte oder unechte Teilmenge von

$\subset$ echte Teilmenge von

$\in$ Element von

$\notin$ kein Element von

$=$ Gleichheitszeichen

$\overset{!}{=}$ imperatives Gleichheitszeichen

$\approx$ ungefähr-gleich-Zeichen

$\neq$ Ungleichheitszeichen

$>$ größer-Zeichen

$<$ kleiner-Zeichen

$\geq$ größer-gleich-Zeichen

$\leq$ kleiner-gleich-Zeichen

$\tilde{\geq}$ unscharf-größer-gleich-Zeichen

$\tilde{\leq}$ unscharf-kleiner-gleich-Zeichen

$\cong$ unscharf-gleich-Zeichen

Allgemeine Mengen:

$\mathfrak{P}$ Potenzmenge

IR Menge der reellen Zahlen

IR^+ Menge der positiven reellen Zahlen

IN_0 Menge der nätürlichen Zahlen einschließlich der 0

$\varnothing$ leere Menge

$\tilde{A}$ unscharfe Menge

$\{\,\}$ Mengenklammern

$[a,b]$ geschlossenes Intervall

$[a,b[$ rechts offenes Intervall

$]a,b]$ links offenes Intervall

$|A|$ Mächtigkeit der Menge A

$A \times B$ kartesisches Produkt der Mengen A und B

Operatoren:

$\cap$ Durchschnitt

$\setminus$ Differenzmengenzeichen

$\cup$ Vereinigung

$\prod$ Produktzeichen

Σ Summenzeichen

$\oplus$ erweiterte Addition

$\ominus$ erweiterte Subtraktion

$\odot$ erweiterte Multiplikation

Quantoren:

$\forall$ für alle (Allquantor)

$\exists$ existiert mindestens ein (Existenzquantor)

$\dot{\exists}$ existiert genau ein

Funktionen:

f Funktion von

f^{-1} Umkehrfunktion von

sup Supremum von

min Minimum von

max Maximum von

Die im folgenden aufgeführten Symbole sind abschnittsweise nach der Reihenfolge ihres Auftretens geordnet. Es werden nur die wichtigsten Symbole aus Kap. D. in das Symbolverzeichnis aufgenommen; alle Symbole sind auch im Text erläutert.

Kapitel D.2.:

Indices und Indexmengen:

$\overline{J} := \{j | j = 1,2,...,J;\ j \text{ ist ein Umweltzustand}\}$

$J_T := \{j | j \text{ ist ein Umweltzustand im letzten Entscheidungszeitpunkt}\}$

$J_j^* := \{j^* | j^* \text{ ist ein Vorgängerzustand von } j \in \overline{J} \text{ oder } j \text{ selbst}\}$

$j^- :=$ direkter Vorgänger von Zustand j

$t_j :=$ Zeitpunkt, zu dem Umweltzustand j eintritt

$\overline{R} := \{r | r = 1,2,...,R;\ r \text{ ist eine Arbeitskräftekategorie}\}$

$\overline{Q} := \{q | q = 1,2,...,Q;\ q \text{ ist eine Tätigkeitskategorie}\}$

$\overline{G} := \{g | g = 1,2,...,G;\ g \text{ ist ein Potentiallohnsatz}\}$

$\overline{L} := \{l | l = 1,2,...,L;\ l \text{ ist ein Anforderungslohnsatz}\}$

$\overline{N} := \{n | n = 1,2,...,N;\ n \text{ ist ein Lohnsatz, der bei Nichteinsatz von Arbeitskräften gezahlt werden kann}\}$

$N_l := \{n | \text{Lohnsatz } n \text{ kann für freigestellte Arbeitskräfte gezahlt werden, die im Einsatzfall Lohnsatz } l \text{ erhalten}\}$

$L_q := \{l | \text{Anforderungslohnsatz } l \text{ kann für die Erledigung von Tätigkeiten der Art } q \text{ gezahlt werden}\}$

$Q_l := \{q | \text{ für die Erledigung von Tätigkeiten der Art } q \text{ kann der Anforderungslohnsatz } l \text{ gezahlt werden}\}$

$G_r := \{g | \text{Potentiallohnsatz } g \text{ kann Arbeitskräften der Art } r \text{ gezahlt werden}\}$

$L_r := \{l | \text{Anforderungslohnsatz } l \text{ kann Arbeitskräften der Art } r \text{ gezahlt werden}\}$

$R_l := \{r | \text{ Arbeitskräfte der Art } r \text{ können Anforderungslohnsatz } l \text{ erhalten}\}$

$R_g := \{r | \text{ Arbeitskräfte der Art } r \text{ können Potentiallohnsatz } g \text{ erhalten}\}$

$R_q := \{r | \text{Arbeitskräfte der Art } r \text{ sind geeignet zur Erledigung von Tätigkeiten der Art } q\}$

Q_r := {q|Zur Erledigung von Tätigkeiten der Art q können Arbeitskräfte der Art r herangezogen werden}

R_r^* := {r^*|r^* ist eine Zielqualifikation, die von r aus erreicht werden kann}

$R_r^{'}$:= {r'|r' ist eine Basisqualifikation, von der aus r erreicht werden kann}

Daten:

$w_{j|j^-}$:= (bedingte) Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Umweltzustandes j, falls vorher Zustand j^- eingetreten ist

$\hat{w}_j$:= (unbedingte) Eintrittswahrscheinlichkeit des Zustandes $j \in J_T$

GK_{qj}^{l} := im Zustand j gültige Ausprägung des Anforderungslohnsatzes $l \in L_q$

GK_{rj}^{g} := im Zustand j gültige Ausprägung des Potentiallohnsatzes $g \in G_r$

GK_j^n := im Zustand j gültige Ausprägung des Lohnsatzes $n \in N_l$

HK_{rj} := Rekrutierungskostensatz, der für eine im Zustand j einzustellende Arbeitskraft der Art r anfällt

FK_{rj} := Entlassungskostensatz, der für eine im Zustand j zu entlassende Arbeitskraft der Art r anfällt

SK_{r,r^*}^{lj} := Schulungskostensatz, der für eine im Zustand j von r nach r^* zu schulende Arbeitskraft der Art $r \in R_l$ anfällt

SK_{r,r^*}^{gj} := Schulungskostensatz, der für eine im Zustand j von r nach r^* zu schulende Arbeitskraft der Art $r \in R_g$ anfällt

$\overline{PB}_{qj}$:= Personalbedarf für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q im im Zustand j

τ_{r,r^*} := Dauer eines Schulungsganges von r nach r^*

PA_r^{g0} := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art $r \in R_g$

PA_r^{l0} := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art $r \in R_l$

$\overline{HS}_r^{gj}$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_g$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art geschult werden

$\overline{H}_r^{gj}$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_g$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art nicht geschult werden

$\overline{HS}_r^{lj}$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_l$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art geschult werden

$\overline{H}_r^{lj}$:= Obergrenze für die Einstellung von Arbeitskräften der Art $r \in R_l$, die im Zustand j gültig ist, sofern Arbeitskräfte dieser Art nicht geschult werden

$\overline{S}_{r,r^*}^{g,j,tj}$:= Obergrenze für die Schulung von Arbeitskräften der Art $r \in R_g$, die im Zustand j ein Schulungsgang von r nach r^* beginnen können

$\overline{S}_{r,r^*}^{l,j,tj}$:= Obergrenze für die Schulung von Arbeitskräften der Art $r \in R_l$, die im Zustand j ein Schulungsgang von r nach r^* beginnen können

M := eine (hinreichend) große positive Zahl

Entscheidungsvariable:

PA_r^{gj} := Ausstattung mit Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j den Potentiallohnsatz g erhalten

h_r^{gj} := Anzahl der im Zustand j einzustellenden Arbeitskräfte der Art r, die den Potentiallohnsatz g erhalten

h_r^{lj} := Anzahl der im Zustand j einzustellenden Arbeitskräfte der Art r, die den Anforderungslohnsatz l erhalten

f_r^{gj} := Anzahl der im Zustand j zu entlassenden Arbeitskräfte der Art r, die den Potentiallohnsatz g erhalten

f_r^{lj} := Anzahl der im Zustand j zu entlassenden Arbeitskräfte der Art r, die den Anforderungslohnsatz l erhalten

PE_{rq}^{lj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q eingesetzt werden und den Anforderungslohnsatz l erhalten

PEN_r^{lj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j freigestellt werden und im Einsatzfall den Anforderungslohnsatz l erhalten würden

S_{r,r^*}^{l,j,t_j} := Anzahl der im (Zeitpunkt t_j eintretenden) Zustand j eine Schulung von r nach r^* beginnenden Arbeitskräfte, die den Anforderungslohnsatz l erhalten

S_{r,r^*}^{g,j,t_j} := Anzahl der im (Zeitpunkt t_j eintretenden) Zustand j eine Schulung von r nach r^* beginnenden Arbeitskräfte, die den Potentiallohnsatz g erhalten

$z'_{rgj}, z^*_{rlj}, z_{rg^*j}, \hat{z}_{rl^*j}, z_r$:= (binäre) Hilfvariable

Kapitel D.3.2.1.:

Indices und Indexmengen:

$\overline{K} := \{k | k = 1,2,...,K; k \text{ ist eine Produktart}\}$

$K_q := \{k |$ Güter der Art k, bei deren Produktion Tätigkeiten der Art q zu erledigen sind$\}$

Daten:

a_{qk} := Personalbedarfskoeffizient [benötigte Arbeitskräfteperioden für die Erledigung von Tätigkeiten der Art q bei Erzeugung eines Gutes der Art k]

DB_{kj} := im Zustand j pro erzeugter Einheit eines Gutes der Art k erzielbarer Dekkungsbeitrag

GK_{rj} := im Zustand j pro Arbeitskraft der Art r zu zahlender Gehaltskostensatz

$SK_{r,r^*,j}$:= Schulungskostensatz, der für eine im Zustand j von r nach r^* zu schulende Arbeitskraft anfällt

$\overline{X}_{kj}^{\max}$:= Anzahl der im Zustand j nachgefragten Güter der Art k

PA_{r0} := Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art r

Entscheidungsvariable:

PA_{rj} := Ausstattung mit Arbeitskräften der Art r im Zustand j

x_{kj} := Anzahl der im Zustand j herzustellenden Güter der Art k

$S_{r,r^*,j}$:= Anzahl der im Zustand j von r nach r^* zu schulenden Arbeitskräfte

NE_j := Nettoerfolg, der bei der zu Zustand $j \in J_T$ führenden Zustandsfolge erzielt wird

Kapitel D.3.2.2.:

$[\underline{w}_{j|j^-}, \overline{w}_{j|j^-}]$:= Wahrscheinlichkeitsintervall für das Eintreten des Umweltzustandes j, falls vorher Zustand j^- eingetreten ist

$\overline{\Omega} := \{\omega | \omega = 1,2,\ldots,\Omega; \omega \text{ ist ein Extremalpunkt einer LPI}\}$

$\hat{w}_j^*$:= Laplace-Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Zustandes $j \in J_T$

$\hat{w}_{\omega j}$:= Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Zustandes $j \in J_T$ im Extremalpunkt $\omega \in \overline{\Omega}$

$\mathbf{M}(LPI)$:= Extremalpunktematrix einer Linearen Partiellen Information

$\mathbf{M}^*(LPI)$:= Vektor der Laplace-Wahrscheinlichkeiten einer Linearen Partiellen Information

$\boldsymbol{\lambda}^T = (1/\Omega \ \ldots \ 1/\Omega) := (1 \times \Omega)$ -dimensionaler Gewichtungsvektor

Kapitel D.3.2.3. u. D. 3.2.4.:

$\tilde{a}_{qk} = (\underline{a}_{qk}, \overline{a}_{qk}, \underline{\alpha}_{qk}, \overline{\alpha}_{qk})_{LR}$:= unscharfer Personalbedarfskoeffizient

$\tilde{DB}_{kj} = (\underline{DB}_{kj}, \overline{DB}_{kj}, \underline{db}_{kj}, \overline{db}_{kj})_{LR}$:= unscharfer Deckungsbeitragssatz

$\tilde{GK}_{rj} = (\underline{GK}_{rj}, \overline{GK}_{rj}, \underline{gk}_{rj}, \overline{gk}_{rj})_{RL}$:= unscharfer Gehaltskostensatz

$\tilde{SK}_{r,r^*,j} = (\underline{SK}_{r,r^*,j}, \overline{SK}_{r,r^*,j}, \underline{sk}_{r,r^*,j}, \overline{sk}_{r,r^*,j})_{RL}$:= unscharfer Schulungskostensatz

$\tilde{X}_{kj} = (X_{kj}^*, 0, \chi_{kj})_{LR}$:= unscharfe Nachfragemenge

PE_{rqj} := Anzahl an Arbeitskräften der Art r, die im Zustand j Tätigkeiten der Art q erledigen

Kapitel D.4.2.2.:

Indices und Indexmengen:

$\overline{I} := \{i | i = 1,\ldots, I; i \text{ ist eine Stellenart}\}$

$\overline{P} := \{p | p = 1,\ldots, P; p \text{ ist ein hierarchischer Rang; mit } p = 1 \text{ als Basisrang}\}$

$I_p := \{i \mid$ Stellen der Art $i \in \bar{I}$ sind auf dem Rang $p \in \bar{P}$ angesiedelt$\}$

$I_{qp} := \{i \mid$ Stellen der Art $i \in \bar{I}$, die auf dem Rang $p \in \bar{P}$ angesiedelt sind und auf denen Aufgaben der Art $q \in \bar{Q}$ erledigt werden können$\}$

$Q_{ip} := \{q \mid$ Aufgaben der Art $q \in \bar{Q}$, die auf Stellen der Art $i \in I_p$ erledigt werden können$\}$

$I_{ip}^{*} := \{i^* \mid$ Stellen der Art $i^* \in \bar{I}$ können Stellen der Art $i \in I_p$ $(p \geq 2)$ unterstellt werden$\}$

Daten:

$\hat{T}_j :=$ Durchschnittliche Stellenbesetzungszeit im Zustand j

$t_{i^*pj} :=$ im Zustand j erforderlicher durchschnittlicher Zeitaufwand für die Ausübung der Vorgesetztenfunktion bezüglich einer auf dem Rang p angesiedelten Stelle vom Typ i^*

$t_{qipj} :=$ im Zustand j erforderlicher Zeitaufwand für die Erledigung von Aufgaben der Art q auf Stellen der Art $i \in I_p$

$\delta_{ipj} :=$ (maximale) Anzahl von Stellen, die im Zustand j einer Stelle vom Typ $i \in I_p$ nachgeordnet werden können

$A_{qj} :=$ Gesamtumfang zu erledigender Aufgaben der Art q im Zustand j

$CK_{ipj} :=$ Kosten der Einrichtung und Unterhaltung von Stellen der Art $i \in I_p$ im Zustand j

$\bar{C}_{ipj}^{\max} :=$ maximal zulässige Zahl an (Parallel-) Stellen der Art i auf Rang p im Zustand j

Entscheidungsvariable:

$c_{ipj} :=$ Anzahl der im Zustand j einzurichtenden Stellen der Art $i \in I_p$

$y_{qipj} :=$ Anteil am Gesamtumfang von Aufgaben der Art q, der im Zustand j auf Stellen vom Typ $i \in I_p$ erledigt werden soll

Kapitel D.4.2.3.:

Indices und Indexmengen:

$\bar{Z} := \{z \mid z = 1,2,\ldots, Z;$ z ist eine Zustandsfolge$\}$

$J_z := \{j | j$ ist ein zur Folge $z \in \overline{Z}$ gehörender Umweltzustand$\}$

$R_i :=$ die Menge aller Arbeitskräfte der Art $r \in \overline{R}$, die auf Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$ eingesetzt werden können

$I_r :=$ die Menge aller Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$, auf denen Arbeitskräfte der Art $r \in \overline{R}$ eingesetzt werden können

$I_q :=$ die Menge aller Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$, auf denen Tätigkeiten der Art $q \in \overline{Q}$ erledigt werden können

$Q_i :=$ die Menge aller Tätigkeiten der Art $q \in \overline{Q}$, die auf Stellen vom Typ $i \in \overline{I}$ erledigt werden können

$M :=$ hinreichend große Zahl

Daten:

$t_{qij} :=$ im Zustand j erforderlicher Zeitaufwand für die Erledigung von Aufgaben der Art q auf Stellen der Art i

$\alpha_{ri} :=$ Leistungsfaktor von Arbeitskräften der Art $r \in \overline{R}$ auf Stellen der Art $i \in \overline{I}$ (Quotient aus Ist- und Soll-Arbeitsproduktivität)

$\overline{H}_{rj}^{\max} :=$ Rekrutierungspotential an Arbeitskräften der Art r im Zustand j

$\overline{F}_{rj}^{\max} :=$ Entlassungsobergrenze für Arbeitskräfte der Art r im Zustand j

$\overline{C}_{ij}^{\max} :=$ maximal zulässige Zahl an (Parallel-) Stellen der Art i im Zustand j

$GK_{rij} :=$ Gehaltskosten von Arbeitskräften der Art r auf Stellen vom Typ i im Zustand j

$CK_{ij} :=$ Kosten der Einrichtung und Unterhaltung von Stellen der Art i im Zustand j

$PA_{r0} :=$ Anfangsausstattung mit Arbeitskräften der Art r

Entscheidungsvariable:

$c_{ij} :=$ Anzahl der im Zustand j einzurichtenden Stellen der Art i

$PE_{rij} :=$ Anzahl der im Zustand j auf Stellen der Art i eingesetzten Mitarbeiter der Art r

$h_{rj} :=$ Anzahl der im Zustand j einzustellenden Mitarbeiter der Art r

$f_{rj} :=$ Anzahl der im Zustand j zu entlassenden Mitarbeiter der Art r

y_{qij} := Anteil am Gesamtumfang von Aufgaben der Art q, der im Zustand j auf Stellen vom Typ i erledigt werden soll

u_{rij} := Binärvariable, die den Wert 1 (bzw. 0) annimmt, wenn im Zustand j auf Stellen der Art i Mitarbeiter der Art r eingesetzt (bzw. nicht eingesetzt) werden

Kapitel D.4.2.4.:

Indices und Indexmengen:

$\bar{I} := \left\{ i \middle| i = 1,...,\hat{I}-1,\hat{I},\hat{I}+1,...,\breve{I}-1,\breve{I},\breve{I}+1,...I \right\}$ Menge der Stellenarten

$\bar{I}^a := \left\{ i \middle| i = 1,...,\hat{I}-1,\hat{I} \right\}$ Menge der teilautonomen Arbeitsgruppen

$\bar{I}^f := \left\{ i \middle| i = \hat{I}+1,...,\breve{I}-1,\breve{I} \right\}$ Menge der fremdkoordinierten Arbeitsgruppen

$\bar{I}^v := \left\{ i \middle| i = \breve{I}+1,...I \right\}$ Menge der Vorgesetztenstellen

$I_i^* := \left\{ i^* \middle|$ Arbeitsgruppen der Art $i^* \in \bar{I}^f$ werden Vorgesetztenstellen der Art $i \in \bar{I}^v$ untergeordnet$\right\}$

Daten:

t_{ij}^* := im Zustand j erforderlicher Zeitaufwand für die Koordination von Gruppen der Art i

α_{rij} := Leistungsfaktor von Arbeitskräften der Art r in Arbeitsgruppen der Art i im Zustand j (Quotient aus Ist- und Soll-Arbeitsproduktivität)

β_{rij} := Arbeitseinstellungskoeffizient von Arbeitskräften der Art r auf Stellen der Art i im Zustand j (normiert auf das Intervall [-1,1], wobei negative bzw. positive Werte negative bzw. positive Arbeitseinstellungen zum Ausdruck bringen)

γ_{rj} := Fluktuationsrate von Arbeitskräften der Art r im Zustand j

ε_{ij} := (maximale) Anzahl von Mitgliedern einer Arbeitsgruppe der Art i im Zustand j

Zielfunktions- und Restriktionenverzeichnis

- *Zielfunktionen:*

$$(Z.1)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\bar{R}}\Bigg[\sum_{q\in Q_r}\sum_{l\in L_q}GK^{l}_{qj^*}\cdot PE^{lj^*}_{rq}+$$

$$+\sum_{g\in G_r}\left(GK^{g}_{rj^*}\cdot PA^{gj^*}_{r}+HK_{rj^*}\cdot h^{gj^*}_{r}+FK_{rj^*}\cdot f^{gj^*}_{r}\right)+$$

$$+\sum_{l\in L_r}\left(HK_{rj^*}\cdot h^{lj^*}_{r}+FK_{rj^*}\cdot f^{lj^*}_{r}+\sum_{n\in N_l}GK^{n}_{j^*}\cdot PEN^{lj^*}_{r}\right)+$$

$$+\sum_{r^*\in R_r^*}\left(\sum_{l\in L_r}SK^{lj^*}_{r,r^*}\cdot S^{l,j^*,tj^*}_{r,r^*}+\sum_{g\in G_r}SK^{gj^*}_{r,r^*}\cdot S^{g,j^*,tj^*}_{r,r^*}\right)\Bigg]\rightarrow\min!$$

$$(Z.2)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot NE_j\rightarrow\max!$$

$$(Z.3)\quad E_{\min}\rightarrow\max!$$

$$(Z.4)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}^*_j\cdot NE_j\rightarrow\max!$$

$$(Z5)\quad \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j\cdot\sum_{j^*\in J_j^*}\Bigg[\sum_{k\in\bar{K}}\tilde{DB}_{kj^*}\cdot x_{kj^*}-\sum_{r\in\bar{R}}\tilde{GK}_{rj^*}\cdot PA_{rj^*}-$$

$$-\sum_{r\in\bar{R}}\sum_{r^*\in R_r^*}\tilde{SK}_{r,r^*,j^*}\cdot S_{r,r^*,j^*}\Bigg]\rightarrow\tilde{\max}!$$

$$(Z.6)\quad \mu_{\tilde{N}^u_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}\right)\rightarrow\max!$$

$$(Z.7)\quad \mu_{\tilde{N}^o_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q}PE_{rqj}\right)\rightarrow\max!$$

$$(Z.8)\quad \mu_{\tilde{N}_{kj}}\left(x_{kj}\right)\rightarrow\max!$$

(Z.9) $\mu_{\tilde{Z}}(\underline{ENE}) \rightarrow \max!$

(Z.10) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \overline{K}} \underline{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \overline{R}} \overline{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \overline{R}} \sum_{r^* \in R_r^*} \overline{\overline{SK}}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \rightarrow \max!$$

(Z.11) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \overline{K}} \left(\underline{DB}_{kj^*} - \underline{db}_{kj^*} \right) \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \overline{R}} \left(\overline{GK}_{rj^*} + \overline{gk}_{rj^*} \right) \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \overline{R}} \sum_{r^* \in R_r^*} \left(\overline{\overline{SK}}_{r,r^*,j^*} + \overline{\overline{sk}}_{r,r^*,j^*} \right) \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \rightarrow \max!$$

(Z.12) $\pi \rightarrow \max!$

(Z.13) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j^* \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \overline{K}} \widetilde{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \overline{R}} \widetilde{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \overline{R}} \sum_{r^* \in R_r^*} \widetilde{SK}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \rightarrow \widetilde{\max}!$$

(Z.14) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{p \in \overline{P}} \sum_{i \in I_p} CK_{ipj^*} \cdot c_{ipj^*} \rightarrow \min!$$

(Z.15) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{i \in \overline{I}} \left(CK_{ij^*} \cdot c_{ij^*} + \sum_{r \in R_i} GK_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \right) \rightarrow \min!$$

(Z.16) $$\begin{bmatrix} \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \overline{R}} -GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \\ \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \overline{R}} \sum_{i \in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \end{bmatrix} \rightarrow \max!$$

(Z.17) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J_j^*} \sum_{r \in \overline{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \rightarrow \min!$$

$$(Z.18)\ \sum_{j\in J_T}\hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*}\sum_{r\in\overline{R}}\sum_{i\in I_r}\beta_{rij^*}\cdot PE_{rij^*} \rightarrow \max!$$

- *Restriktionen:*

$$(R.1)\ \overline{PB}_{qj} = \sum_{r\in R_q}\left(\sum_{l\in L_q} PE_{rq}^{lj} + \sum_{g\in G_r} PE_{rq}^{gj}\right)\quad \forall j\in\overline{J}, q\in\overline{Q}$$

(R.2a)

$$\sum_{q\in Q_r} PE_{rq}^{gj} + \sum_{r^*\in R_r^*}\sum_{t_j'=t_j-\tau_{r,r^*}+1}^{t_j} S_{r,r^*}^{g,j,t_j'} \le PA_r^{gj}\quad \forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, g\in G_r$$

$$(R.2b)\quad \sum_{q\in Q_r\cap Q_l} PE_{rq}^{lj} + \sum_{r^*\in R_r^*}\sum_{t_j'=t_j-\tau_{r,r^*}+1}^{t_j} S_{r,r^*}^{l,j,t_j'} + PEN_r^{lj} = PA_r^{lj}$$

$$\forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, l\in L_r$$

(R.3a)

$$PA_r^{gj} = PA_r^{gj-} + h_r^{gj} - f_r^{gj} + \sum_{r'\in R_r'} S_{r',r}^{g,j,t_j-\tau_{r',r}} - \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t_j-\tau_{r,r^*}}$$

$$(R.3b)\quad PA_r^{lj} = PA_r^{lj-} + h_r^{lj} - f_r^{lj} + \sum_{r'\in R_r'} S_{r',r}^{l,j,t_j-\tau_{r',r}} - \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t_j-\tau_{r,r^*}}$$

$$(R.4a)\quad \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t_j} \le z_{rgj}'\cdot M\quad \forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, g\in G_r$$

$$(R.4b)\quad \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t_j} \ge z_{rgj}'\quad \forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, g\in G_r$$

$$(R.4c)\ h_r^{gj} \le z_{rgj}'\cdot\overline{HS}_r^{gj} + \left(1-z_{rgj}'\right)\cdot\overline{H}_r^{gj}\quad \forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, g\in G_r$$

$$(R.5a)\quad \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t_j} \le z_{rlj}^*\cdot M\quad \forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, l\in L_r$$

$$(R.5b)\quad \sum_{r^*\in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t_j} \ge z_{rlj}^*\quad \forall j\in\overline{J}, r\in\overline{R}, l\in L_r$$

(R.5c) $h_r^{lj} \le z_{rlj}^{*} \cdot \overline{HS}_r^{lj} + \left(1 - z_{rlj}^{*}\right) \cdot \overline{H}_r^{lj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l \in L_r$

(R.6a) $PA_r^{g^* j} \le z_{rg^* j} \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g^* \in G_r$

(R.6b) $\sum_{g \in G_r \setminus \{g^*\}} PA_r^{gj} \le \left(1 - z_{rg^* j}\right) \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g^* \in G_r$

(R.7a) $PA_r^{l^* j} \le \hat{z}_{rl^* j} \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l^* \in L_r$

(R.7b) $\sum_{l \in L_r \setminus \{l^*\}} PA_r^{lj} \le \left(1 - \hat{z}_{rl^* j}\right) \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, l^* \in L_r$

(R.8a) $\sum_{g \in G_r} PA_r^{gj} \le z_r \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$

(R.8b) $\sum_{q \in Q_r} \sum_{l \in L_q} PE_{rq}^{lj} \le \left(1 - z_r\right) \cdot M \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$

(R.9a) $\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{g,j,t\,j} \le \overline{S}_{r,r^*}^{g,j,t\,j} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g \in G_r$

(R.9b) $\sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*}^{l,j,t\,j} \le \overline{S}_{r,r^*}^{l,j,t\,j} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}, g \in G_r$

(R.10) $PA_r^{lj}, PA_r^{gj}, h_r^{gj}, f_r^{gj}, h_r^{lj}, f_r^{lj} \ge 0 \quad \forall \text{ rel. } j,r,q,l,g$

$PEN_r^{lj}, S_{r,r^*}^{l,j,t\,j}, S_{r,r^*}^{g,j,t\,j}, PE_{rq}^{gj}, PE_{rq}^{lj} \ge 0 \quad \forall \text{ rel. } j,r,r^*,q,l,g$

(R.11) $z_{rgj}^{'}, z_{rlj}^{*}, z_{rg^* j}, \hat{z}_{rl^* j}, z_r \in \{0,1\} \quad \forall \text{ rel. } j,r,g,g^*,l^*$

(R.12) $\sum_{q \in \hat{Q}} \sum_{k \in K_q} a_{qk} \cdot x_{kj} \le \sum_{r \in \bigcup_{q \in \hat{Q}} R_q} \left(PA_{rj} - \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*,j} \right)$

$\forall j \in \bar{J}, \hat{Q} \in \mathfrak{P}(\bar{Q}) \setminus \{\varnothing\}$

(R.13) $PA_{rj} = PA_{rj^-} + \sum_{r' \in R_r^{'}} S_{r',r,j^-} - \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*,j^-}$

(R.14) $x_{kj} \le \overline{X}_{kj}^{\max} \quad \forall k \in \bar{K}, j \in \bar{J}$

$$(R.15) \qquad NE_j = \sum_{j^* \in J_j^*} \left[\sum_{k \in \overline{K}} DB_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \overline{R}} \left(GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} + \sum_{r^* \in R_r^*} SK_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right) \right] \quad \forall j \in J_T$$

$$(R.16a)\ x_{kj} \geq 0 \quad \forall k \in \overline{K}, j \in \overline{J}$$

$$(R.16b)\ PA_{rj} \geq 0 \quad \forall r \in \overline{R}, j \in \overline{J}$$

$$(R.16c)\ NE_j \geq 0 \quad \forall j \in \overline{J}$$

$$(R.16d)\ E_{\min} \geq 0$$

$$(R.16e)\ PE_{rqj} \geq 0 \quad \forall j \in \overline{J}, r \in \overline{R}, q \in Q_r$$

$$(R.16f)\ \pi \geq 0$$

$$(R.16g) \qquad PE_{rij} \geq 0 \quad \forall j \in \overline{J}, r \in \overline{R}, i \in I_r$$

$$(R.17) \qquad \sum_{j \in J_T} \hat{w}_{\omega j} \cdot NE_j \geq E_{\min} \quad \forall \omega \in \overline{\Omega}$$

$$(R.18a)\ \hat{w}_{\omega j} \in \mathbf{M}(LPI)$$

$$(R.18b)\ LPI \left(\begin{array}{c} \prod_{j^* \in J_j^*} \underline{w}_{j^*|j^*\_} \leq \hat{w}_j \leq \prod_{j^* \in J_j^*} \overline{w}_{j^*|j^*\_} \quad \forall j \in J_T \\ \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j = 1 \end{array} \right)$$

$$(R18c)\ \hat{w}_j^* \in \mathbf{M}^*(LPI)$$

$$(R18d)\ \mathbf{M}^*(LPI) = \mathbf{M}(LPI) \cdot \boldsymbol{\lambda}$$

$$(R.19) \qquad \sum_{k \in K_q} \tilde{a}_{qk} \cdot x_{kj} \cong \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \overline{J}, q \in \overline{Q}$$

$$(R.20) \qquad \sum_{q \in Q_r} PE_{rqj} + \sum_{r^* \in R_r^*} S_{r,r^*,j} \leq PA_{rj} \quad \forall j \in \overline{J}, r \in \overline{R}$$

$$(R.21) \qquad x_{kj} \leq \tilde{\tilde{X}}_{kj}^{\max} \quad \forall k \in \overline{K}, j \in \overline{J}$$

(R22) $\sum_{k\in K_q} \tilde{a}_{qk} \cdot x_{kj} \tilde{\leq} \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R23) $\sum_{k\in K_q} \tilde{a}_{qk} \cdot x_{kj} \tilde{\geq} \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

$$\mu_{\tilde{N}^u_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q} PE_{rqj}\right) = \begin{cases} 0 \text{ für } \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} < \sum_{k\in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj} \\ \dfrac{\sum_{r\in R_q} PE_{rqj} - \left(\sum_{k\in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj}\right)}{\Delta^u_{qj}} \\ \qquad \text{für } \sum_{k\in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj} \leq \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} < \sum_{k\in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \\ 1 \text{ für } \sum_{k\in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \leq \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta^u_{qj} \leq \sum_{k\in K_q} \underline{\alpha}_{qk} \cdot x_{kj}$ (R.24)

(R.25) $\sum_{k\in K_q} \left(\underline{a}_{qk} - \underline{\alpha}_{qk}\right) \cdot x_{kj} \leq \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

$$\mu_{\tilde{N}^o_{qj}}\left(\sum_{r\in R_q} PE_{rqj}\right) = \begin{cases} 0 \text{ für } \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} > \sum_{k\in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj} + \Delta^o_{qj} \\ 1 - \dfrac{\sum_{r\in R_q} PE_{rqj} - \sum_{k\in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj}}{\Delta^o_{qj}} \\ \qquad \text{für } \sum_{k\in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \leq \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} \leq \sum_{k\in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj} + \Delta^o_{qj} \\ 1 \text{ für } \sum_{r\in R_q} PE_{rqj} < \sum_{k\in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta^o_{qj} \leq \sum_{k\in K_q} \overline{\alpha}_{qk} \cdot x_{kj}$ (R.26)

$$\mu_{\tilde{N}_{kj}}(x_{kj}) = \begin{cases} 0 \text{ für } x_{kj} > X^*_{kj} + \Delta^*_{kj} \\ 1 - \dfrac{x_{kj} - X^*_{kj}}{\Delta^*_{kj}} \text{ für } X^*_{kj} + \Delta^*_{kj} \geq x_{kj} > X^*_{kj} \\ 1 \text{ für } X^*_{kj} \geq x_{kj} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta^*_{kj} \leq \chi_{kj}$ *(R.27)*

(R.28) $$\sum_{k \in K_q} \left(\overline{a}_{qk} + \overline{\alpha}_{qk}\right) \cdot x_{kj} \geq \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \overline{J}, q \in \overline{Q}$$

(R.29) $$x_{kj} \leq X^*_{kj} + \chi_{kj} \quad \forall k \in \overline{K}, j \in \overline{J}$$

$$\mu_{\tilde{Z}}(\underline{ENE}) = \begin{cases} 0 \text{ für } \underline{ENE} < \overline{z} - \Delta_Z \\ \dfrac{\underline{ENE} - (\overline{z} - \Delta_Z)}{\Delta_Z} \text{ für } \overline{z} - \Delta_Z \leq \underline{ENE} < \overline{z} \\ 1 \text{ für } \overline{z} \leq \underline{ENE} \end{cases}$$

mit dem Abweichungstoleranzparameter $\Delta_Z \leq \overline{z} - \underline{z}$ *(R.30)*

(R.31) $$\sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J^*_j} \left[\sum_{k \in \overline{K}} \left(\underline{DB}_{kj^*} - \underline{db}_{kj^*}\right) \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \overline{R}} \left(\overline{GK}_{rj^*} + \overline{gk}_{rj^*}\right) \cdot PA_{rj^*} - \right.$$

$$\left. - \sum_{r \in \overline{R}} \sum_{r^* \in R^*_r} \left(\overline{SK}_{r,r^*,j^*} + \overline{sk}_{r,r^*,j^*}\right) \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \geq \underline{z}$$

(R.32) $$\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \leq \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \overline{J}, q \in \overline{Q}$$

(R.33) $$\sum_{k \in K_q} \overline{a}_{qk} \cdot x_{kj} \geq \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \quad \forall j \in \overline{J}, q \in \overline{Q}$$

(R.34) $$x_{kj} \leq X^*_{kj} \quad \forall k \in \overline{K}, j \in \overline{J}$$

(R.35) $$\pi \leq \mu_{\tilde{N}^u_{qj}} \left(\sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \right)$$

(R.36) $$\pi \leq \mu_{\tilde{N}^o_{qj}} \left(\sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \right)$$

(R.37) $$\pi \leq \mu_{\tilde{N}_{kj}}(x_{kj})$$

(R.38) $\pi \le \mu_{\tilde{Z}}(\underline{ENE})$

(R.39) $\Delta^u_{qj} \cdot \pi - \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \le -\left(\sum_{k \in K_q} \underline{a}_{qk} \cdot x_{kj} - \Delta^u_{qj} \right) \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R.40) $\Delta^o_{qj} \cdot \pi + \sum_{r \in R_q} PE_{rqj} \le \sum_{k \in K_q} \bar{a}_{qk} \cdot x_{kj} + \Delta^o_{qj} \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R.41) $\Delta^*_{kj} \cdot \pi + x_{kj} \le X^*_{kj} + \Delta^*_{kj} \quad \forall k \in \bar{K}, j \in \bar{J}$

(R.42) $\Delta_Z \cdot \pi - \sum_{j \in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^* \in J^*_j} \left[\sum_{k \in \bar{K}} \underline{DB}_{kj^*} \cdot x_{kj^*} - \sum_{r \in \bar{R}} \overline{GK}_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} - \right.$

$\left. - \sum_{r \in \bar{R}} \sum_{r^* \in R^*_r} \overline{SK}_{r,r^*,j^*} \cdot S_{r,r^*,j^*} \right] \le -(\bar{z} - \Delta_Z)$

(R.43) $\sum_{p \in \bar{P}} \sum_{i \in I_{qp}} y_{qipj} = 1 \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R.44) $\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q \in Q_{ip}} t_{qipj} \cdot A_{qj} \cdot y_{qipj} \le c_{ipj} \quad \forall j \in \bar{J}, p = 1, i \in I_p$

(R.45) $\frac{1}{\hat{T}_j} \left(\sum_{q \in Q_{ip}} t_{qipj} \cdot A_{qj} \cdot y_{qipj} + \sum_{i^* \in I^*_{ip}} t_{i^*,p-1,j} \cdot c_{i^*,p-1,j} \right) \le c_{ipj}$

$\forall j \in \bar{J}, p \ge 2, i \in I_p$

(R.46) $\sum_{i^* \in I^*_{ip}} c_{i^*,p-1,j} \le \delta_{ipj} \cdot c_{ipj} \quad \forall j \in \bar{J}, p \ge 2, i \in I_p$

(R.47) $c_{ipj} \le \bar{C}^{\max}_{ipj} \quad \forall j \in \bar{J}, p \in \bar{P}, i \in I_p$

(R.48) $c_{ipj} \in \mathrm{IN}_0 \quad \forall j \in \bar{J}, p \in \bar{P}, i \in I_p$

(R.49) $y_{qipj} \ge 0 \quad \forall j \in \bar{J}, p \in \bar{P}, i \in I_p, q \in \bar{Q}$

(R.50) $\sum_{i \in I_q} y_{qij} = 1 \quad \forall j \in \bar{J}, q \in \bar{Q}$

(R.51) $$\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q \in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} \leq \sum_{r \in R_i} \alpha_{ri} \cdot PE_{rij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

(R.52) $$\sum_{r \in R_i} PE_{rij} \leq c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

(R.53) $$\sum_{i \in I_r} PE_{rij} \leq PA_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

(R.54a) $$PE_{rij} \leq M \cdot u_{rij} \quad \forall t = 2,3,...,T, j \in J_t, i \in \bar{I}, r \in R_i$$

(R.54b) $$PE_{rij\_} \leq M \cdot (1 - u_{rij}) \quad \forall t = 2,3,...,T, j \in J_t, i \in \bar{I}, r \in R_i$$

(R.55) $$PA_{rj} = PA_{rj\_} + h_{rj} - f_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R} \quad (\text{mit } PA_{r0} \equiv \text{Datum})$$

(R.56) $$h_{rj} \leq \bar{H}_{rj}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

(R.57) $$f_{rj} \leq \bar{F}_{rj}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R}$$

(R.58) $$c_{ij} \leq \bar{C}_{ij}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

(R.59) $$c_{ij} \in \mathrm{IN}_0 \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}$$

(R.60) $$y_{qij} \geq 0 \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}, q \in \bar{Q}$$

(R.61) $$\frac{1}{\hat{T}_j} \left(\sum_{q \in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} + t_{ij}^{*} \cdot c_{ij} \right) \leq \sum_{r \in R_i} \alpha_{rij} \cdot PE_{rij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^{a}$$

(R.62) $$\frac{1}{\hat{T}_j} \cdot \sum_{q \in Q_i} t_{qij} \cdot A_{qj} \cdot y_{qij} \leq \sum_{r \in R_i} \alpha_{rij} \cdot PE_{rij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^{f}$$

(R.63) $$\sum_{r \in R_i} PE_{irj} \leq \varepsilon_{ij} \cdot c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^{f}, i \in \bar{I}^{a}$$

(R.64a) $$\sum_{r \in R_j} PE_{rij} = c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^{v}$$

(R.64b) $$c_{i^* j} = c_{ij} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^{v}, i^* \in I_i^{*}$$

(R.65)
$$PA_{rj} = (1 - \gamma_{rj\_}) \cdot PA_{rj\_} + h_{rj} - f_{rj} \quad \forall j \in \bar{J}, r \in \bar{R} \quad (\text{mit } PA_{r0} \equiv \text{Datum})$$

(R.66) $$c_{ij} \leq \bar{C}_{ij}^{\max} \quad \forall j \in \bar{J}, i \in \bar{I}^{a}, i \in \bar{I}^{f}$$

$$\mu_{\tilde{Z}_{GK}}(E_1)=\begin{cases}0 \text{ für } E_1 > \bar{z}_1 \\ 1-\dfrac{E_1-\underline{z}_1}{\bar{z}_1-\underline{z}_1} \text{ für } \bar{z}_1 \geq E_1 > \underline{z}_1 \\ 1 \text{ für } \underline{z}_1 \geq E_1\end{cases}$$

$$\text{mit } E_1 := \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \quad (R.67)$$

$$\mu_{\tilde{Z}_{\beta}}(E_2)=\begin{cases}0 \text{ für } E_2 < \underline{z}_2 \\ \dfrac{E_2-\underline{z}_2}{\bar{z}_2-\underline{z}_2} \text{ für } \underline{z}_2 \leq E_2 < \bar{z}_2 \\ 1 \text{ für } \bar{z}_2 \leq E_2\end{cases}$$

$$\text{mit } E_2 := \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} \sum_{i\in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \quad (R.68)$$

$$(R.69) \qquad \pi \leq \mu_{\tilde{Z}_{GK}}\left(\sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*}\right)$$

$$(R.70) \qquad \pi \leq \mu_{\tilde{Z}_{\beta}}\left(\sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} \sum_{i\in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*}\right)$$

$$(R.71) \quad (\bar{z}_1-\underline{z}_1)\cdot\pi + \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} GK_{rj^*} \cdot PA_{rj^*} \leq \bar{z}_1 \text{ und}$$

$$(R.72) \quad (\bar{z}_2-\underline{z}_2)\cdot\pi - \sum_{j\in J_T} \hat{w}_j \cdot \sum_{j^*\in J_j^*} \sum_{r\in \bar{R}} \sum_{i\in I_r} \beta_{rij^*} \cdot PE_{rij^*} \leq -\underline{z}_2$$

Literaturverzeichnis

Abkürzungen:

- BfuP: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis
- DBW: Die Betriebswirtschaft
- EJOR: European Journal of Operational Research
- FSS: Fuzzy Sets and Systems
- HBR: Harvard Business Review
- HdWW: Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaften
- HWB: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft
- HWFü: Handwörterbuch der Führung
- HWO: Handwörterbuch der Organisation
- HWPlan: Handwörterbuch der Planung
- MS Management Science
- ZfB: Zeitschrift für Betriebswirtschaft
- ZfbF: Zeitschrift für betriebswirtschafliche Forschung
- ZfP: Zeitschrift für Personalforschung

Ackermann, K.-F.: Konzeption des Strategischen Personalmangements für die Unternehmenspraxis. In: Humanität und Rationalität in Personalpolitik und Personalführung. Freiburg 1987, S. 39-68.

Ackermann, K.-F.: Strategisches Personalmanagement in Visier der Wissenschaft. In: Ackermann, K.-F./Scholz, H. (Hg.): Personalmanagement für die 90er Jahre: Neuere Entwicklungen - neues Denken - neue Strategien. Stuttgart 1991, S. 13-34

Adam, A.: Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft. Würzburg 1959.

Aeberhard, K.: Strategische Analyse. Bern u.a. 1996.

Albach, H.: Strategische Unternehmensplanung bei erhöhter Unsicherheit. In: ZfB, 48. Jg. (1978), S. 704-715.

Albach, H./Hahn, D./Mertens, P.: Frühwarnsysteme. Wiesbaden 1979.

Albert, H.: Theorien in den Sozialwissenschaften. In: Ders. (Hg.): Theorie und Realität. Tübingen 1972, S. 3-25.

Alderfer, C. P.: An Empirical Test of a New Theory of Human Needs. In: Organizational Behavior and Human Performance. 1969, S. 142-175.

Alewell, D.: Interne Arbeitsmärkte. Hamburg 1993.

Alewell, D.: Zum Verhältnis von Arbeitsökonomik und Verhaltenswissenschaften. In: DBW 56 (1996), H. 5, S. 667-683.

Alewell, D.: Die Finanzierung betrieblicher Weiterbildungsinvestitionen. Wiesbaden 1997.

Anscombe, F. J./Aumann, R. J.: A Definition Of Subjective Probability. In: The Annuals of Mathematical Statistics, Vol. 34, 1963, S. 199-205.

Ansoff, I. H.: Strategies for Diversification. In: HBR, Vol. 35 (1957), No. 5, S. 113-124.

Ansoff, I. H.: Die Bewältigung von Überraschungen - Strategische Reaktionen auf schwache Signale. In: ZfbF, 28. Jg. (1976), H. 3, S. 129-152.

Arbeitskreis "Langfristige Unternehmensplanung" der Schmalenbach-Gesellschaft: Strategische Planung. In: ZfbF, 29. Jg. (1977), H. 1, S. 1-21.

Argyris, C.: Personality and Organization – The Conflict between System and the Individual. New York 1970.

Backes-Gellner, U.: Personalwirtschaftslehre – eine ökonomische Disziplin?! In: Weber, W. (Hg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996, S. 297-315.

Ball, B. C. Jr.: The use of management science techniqes in a corporate strategic planning system. In: EJOR 2, 1978, S. 99-109.

Bamberg, G./Coenenberg, A.G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 4., überarb. Aufl., München 1985.

Bammé, A./Martens, B.: Personalwirtschaft im Umbruch? In: ZfP, 1. Jg. (1987), H. 3, S. 273-297.

Bandemer, H./Gottwald, S.: Einführung in Fuzzy-Methoden. 4., überarb. u. erw. Aufl., Berlin 1993.

Bartels, H. G.: Glanz und Elend konvexer Polyeder. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 9/1988, S. 433-437.

Bauer, H.: Wahrscheinlichkeitstheorie. 4., völlig überarb. u. neugest. Aufl., Berlin/New York 1991.

Bauer, H.: Maß- und Integrationstheorie. 2., überarb. Aufl., Berlin/New York 1992.

Baumol, W. J.: Ökonomische Modelle und die Mathematik. In: Albert, H. (Hg.): Theorie und Realität. 2., veränderte Aufl., Tübingen 1972, S. 153-168.

Bea, F. X./Haas, J.: Strategisches Management. Stuttgart/Jena 1995.

Becker, F.: Personalentwicklung im Rahmen einer strategischen Führung. In: ZfP, 2. Jg. (1988), H. 3, S. 197-213.

Becker, G. S.: Human Capital. London 1983.

Bellman, R. Dynamic Programming. Princeton 1957.

Bernoulli, J.: Ars conjectandi (1713). Deutsche Übersetzung von R. Haussner, Leipzig 1899.

Bertalanffy, L.v.: Zu einer allgemeinen Systemlehre. In: Bleicher, K. (Hg.): Organisation als System. Wiesbaden 1972, S. 31-45.

Bhatnagar, R. K./Kanal, L. N.: Handling Uncertain Information: A Review of Numeric and Nonnumeric Methods. In: Uncertainty in Artificial Intelligence, Amsterdam 1986, S. 3-26.

Billot, A.: Cognitive Rationality and Alternative Belief Measures. In: Journal of Risk and Uncertainty, Vol. 4 (1991), S. 299-324.

Billot, A.: From fuzzy set theory to non-additive probabilities: How have economists reacted? In: FSS, 49 (1992), S. 75-90.

Billot, A.: Economic Theory of Fuzzy Equilibria. Berlin, Heidelberg 1995.

Bitz, M.: Strukturierung ökonomischer Entscheidungsmodelle. Wiesbaden 1977.

Bitz, M.: Entscheidungstheorie. München 1981.

Bleicher, K.: Die Entwicklung eines systemorientierten Organisations- und Führungsmodells der Unternehmung. In: ders. (Hg.): Organisation als System. Wiesbaden 1972, S. 235-296.

Bleicher, K.: Unternehmensentwicklung und organisatorische Gestaltung. Stuttgart/New York 1979.

Bleicher, K.: Organisation. In: Bea, F.X./Dichtl, E./Schweitzer, M. (Hg.): Allg. Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2: Führung. 3., neubearb. u. erw. Aufl., Stuttgart/New York 1987, S. 73-152.

Bleymüller, J./Gehlert, G./Gülicher, H.: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler. 5., verb. u. erw. Aufl., München 1988.

Blohm, H./Lüder, K.: Investition. 6., überarb. u. erw. Aufl., München 1988.

Böhme, G.: Fuzzy-Logik. Berlin u.a. 1993.

Bothe, H.-H.: Fuzzy Logic. Berlin u.a. 1993.

Bosch , H.: Entscheidung und Unschärfe. Bergisch Gladbach/Köln 1992.

Brand, P.: Kommentar zu „Weiche Modellbildung und LPI", in: Menges, G./Schelbert, H./Zweifel, P. (Hg.): Stochastische Unschärfe in den Wirtschaftswissenschaften. Frankfurt a.M. 1981, S. 198-203.

Brandes W./Weise, P.: Arbeitsbeziehungen zwischen Markt und Hierarchie. In: Müller-Jentsch, W. (Hg.): Konfliktpartnerschaft. München u. Mering 1991, S. 11-30.

Bretzke, W. R.: Der Problembezug von Entscheidungsmodellen. Tübingen 1980.

Bronstein, I.N./Semendjajew, K.A.: Taschenbuch der Mathematik. 23. Aufl., Frankfurt a.M. 1987.

Buckly, J. J.: Portfolio Analysis Using Possibility Distributions. In: Sanchez, E./Zadeh, L. A. (Eds.): Approximate Reasoning in Intelligent Systems, Decision and Control. Oxford u.a. 1987, S. 69-76.

Bühler, W.: Flexible Investitions- und Finanzplanung bei unvollkommen bekannten Übergangswahrscheinlichkeiten. In: OR Spektrum, 2, 1981, S. 207-221.

Campbell, N.: What is Science? New York 1953.

Chandler, A. D.: Strategy and Structure: Chapters in the History of the Industrial Enterprise. Cambridge (Mass.) 1962.

Charnes, A./Cooper, W.W.: Chance-constrained Programming. In: MS, Vol. 6 (1959), No. 1, S. 73-79.

Charnes, A./Cooper, W.W.: Management Models and Industrial Applications of Linear Programming. New York u.a. 1961.

Chateauneuf, A./Jaffray, J.-Y.: Some Characterizations of Lower Probabilities and other Monotone Capacities through the Use of Möbius Inversion. In: Mathematical Social Sciences, 17 (1989), S. 263-283.

Chmielewicz, K.: Wirtschaftswissenschaft IV: Theorienbildung in der Betriebswirtschaftslehre. In: Albers, W. et al. (Hg.): HdWW. Stuttgart u.a. 1988, S. 446-469.

Chmielewicz, K.: Forschungskonzeptionen der Wirtschaftswissenschaft. 3. Aufl., Stuttgart 1994.

Churchman, C. W./Ackoff, R. L.: An Approximate Measure of Value. In: Operations Research, 1954, S. 172-187.

Ciupka, D.: Strategisches Personalmanagement und Führungskräfteentwicklung. Hamburg, 1991.

Cooman, G./Ruan, D./Kerre, E.E. (eds.): Foundations and Applications of Possibility Theory. Singapore u.a. 1995

Courtney, H./Kirkland, J./Viguerie, P.: Strategy under uncertainty. In: Harvard Business Review, Nov.-Dec. 1997, S. 66-79.

Cuhel, F.: Zur Lehre von den Bedürfnissen. Theoretische Untersuchung über das Grenzgebiet der Ökonomik und der Psychologie. Innsbruck 1907.

Cunha, C. J. C. A.: Ein Modell zur Unterstützung der Bewertung und Auswahl von Strategiealternativen. Aachen 1989.

Dahrendorf, R.: Homo Sociologicus. Opladen 1972.

Demant, B.: Fuzzy-Theorie oder die Faszination des Vagen. Braunschweig/Wiesbaden 1993.

Dempster, A. P.: Upper and Lower Probabilities Induced by a Multivalued Mapping. In: Mathematical Statistics, Vol. 38 (1967), S. 325-339.

Dinkelbach, W.: Entscheidungsmodelle. Berlin/New York 1982.

Dornemann, M.: Strategische Gesamtplanung - Lösungskonzept in der Praxis. In: Plötzeneder, H. D. (Hg.): Computergestützte Unternehmensplanung, Fachberichte und Referate zum Wirtschaftsinformatik Symposium 1976 IBM Deutschland, Band 1, S. 55-82.

Drumm, H. J.: Personalwirtschaft - Auf dem Weg zu einer theoretisch-empirischen Personalwirtschaftslehre. In: Hausschildt, J./Grün, O. (Hg.): Ergebnisse empirischer betriebswirtschaftlicher Forschung: Zu einer Realtheorie der Unternehmung. Stuttgart 1993, S. 674-712.

Drumm, H. J.: Personalwirtschaftslehre. 3., neu bearb. u. erw. Aufl., Berlin u.a. 1995.

Drumm, H. J.: Theoretische und verantwortungsethische Grundlagen des Personalmanagements. In: Weber, W. (Hg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996, S. 1-18.

Dubois, D./Prade, H.: Operations on Fuzzy Numbers. In: International Journal of Systems and Science, Vol 9 (6/1978), S. 613-626.

Dubois, D./Prade, H.: Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications. Orlando u.a. 1980.

Dubois, D./Prade, H.: New Results About Properties and Semantics Of Fuzzy Set-Theoretic Operators. In: Wang, Paul P./Chang, S. K. (eds.): Fuzzy Sets: Theory and Applications to Policy Analysis and Information Systems. New York/London 1980a, S. 59-75.

Dubois, D./Prade, H.: The Use of Fuzzy Numbers in Decision Analysis. In: Gupta, M. M./sanchez, E. (eds.): Fuzzy Information and Decision Processes. Amsterdam u.a. 1982, S. 309-321.

Dubois, D./Prade, H.: Ranking Fuzzy Numbers in Setting of Possibility Theory. In: Information Sciences, 30 (1983), S. 183-224.

Dubois, D./Prade, H.: Upper and Lower Possibilities Induced by a Multivalued Mapping. In: Sanchez, E. (Hg.): Fuzzy Information, Knowledge Representation and Decision Analysis. Oxford 1984.

Dubois, D./Prade, H.: Possibility Theory. An Approach to Computerized Processing of Uncertainty. New York/London 1986.

Dubois, D./Prade, H.: Modelling Uncertainty and Inductive Inference: A Survey of Recent Non-Additive Probability Systems. In: Acta Psychologica, 68 (1988), S. 53-78.

Dubois, D./Prade, H.: Quantifying Vagueness and Possibility: New Trends In Knowledge Presentation. In: Fürstenberg, G. M. v. (ed.): Acting Under Uncertainty: Multidisciplinary Conceptions. Dordecht u.a. 1991, S. 399-422.

Dubois, D./Prade, H.: Fuzzy sets and probability: Misunderstandings, bridges and gaps. In: Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems 1993, S. 1059-1068.

Dubois, D./Prade, H.: Possibilistic Mixtures and Their Applications to Qualitative Utility Theory II: Decision under Incomplete Knowledge. In: Cooman, G./Ruan, D./Kerre, E.E. (eds.): Foundations and Applications of Possibility Theory. Singapore u.a. 1995, S. 256-266.

Dubois, D.: Possibility Theory: Searching For Normative Foundations. In: Munier, B. R. (ed.): Risk, Decision and Rationality, 1988, S. 601-614.

Dyckerhoff, R.: Choquet- Erwartungsnutzen und antizipierter Nutzen. Hamburg 1994.

Dyckman, T. R./Smidt, S./McAdams, A. K.: Management Decision Making Under Uncertainty. London 1969.

Dyer, L.: Studying Human Resource Strategy: An Approach and Agenda. In: Industrial Relations, Vol. 23 (1984), No. 2, S. 156-169.

Eisenführ, F./Weber, M.: Rationales Entscheiden. 2., verb. Aufl., Berlin u.a. 1994.

Elšik, W.: Strategisches Personalmanagement. München/Mering 1992.

Erev, I.: The Effect of Explicit Probability Estimates on Violations of Subjective Expected Utility Theory in the Allais Paradox. In: Geweke, J. (ed.): Decision making under risk and uncertainty. Dordrecht u.a. 1992, S. 117-124.

Fandel, G.: Optimale Entscheidungen bei mehrfacher Zielsetzung. Berlin u.a. 1972.

Farmer, R.N./Richman, B.M.: Comparative Management and Economic Progress. 2. Aufl., Bloomington (Ind.) 1970.

Felzmann, H.: Quantitative Unterstützung der strategischen Unternehmensplanung. Ein Modell auf der Basis von strategischen Geschäftseinheiten. In: ZfB, 52. Jg. (1982), S. 834-845.

Festing, M.: Strategisches Internationales Personalmanagement - Vision oder Realität? In: Personalwirtschaft 2/1997,S. 7-10.

Festinger, L.: A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford 1957.

Fishburn, P. C.: Decision and Value. New York u.a. 1964.

Flohr, B.: Fungibilität und Elastizität von Personal. Göttingen 1984.

Franke, G.: Expected Utility with Ambigous Probabilities and „Irrational" Parameters. In: Theory and Decision, 9 (1986), S. 267-283.

Freeling, A. N. S.: Possibilities versus Fuzzy Probabilities - Two Alternative Decision Aids. In : TIMS 20, 1984, S. 67-81.

Freud, S.: Studienausgabe, Bd. 7: Zwang, Paranoia und Perversion. Frankfurt a.M. 1994.

Frey, D.: Die Theorie der kognitiven Dissonanz. In: Ders. (Hg.): Kognitive Theorien der Sozialpsychologie. Bern u.a. 1980, S. 243-292.

Fürst, A.: Auftragsfolge- und Personalplanung. München/Mering 1997.

Gälweiler, A.: Unternehmensplanung. Frankfurt/New York 1986.

Gaines, B. R.: Fundamentals of Decision: Probabilistic, Possibilistic and Other Forms of Uncertainty In Decision Analysis. In: TIMS 20, 1984, S. 47-65.

Gaitanides, M./Schwienhorst, R. L.: Analyse strategischer Risiken als Anwendung Dialektischer Planung. In: Hanssmann, F. u.a. (Hg.): Strategische Planung, Bd. 2. Heidelberg 1986, S. 109-125.

Gasiet, S.: Menschliche Bedürfnisse. Frankfurt a.M./New York 1981.

Gaugler, E.: Gegenstandsbereich und Erkenntnisstand des Personal-Management. In: BFuP 4/1982, S. 285-301.

Gaugler, E./Schneider, B.: Entwicklung von Professuren und Habilitationen in der BWL an den wissenschaftlichen Hochschulen im deutschsprachigen Raum. In: DBW, 57 (1997), H. 6, S. 777-795.

Gebert, D.: Anmerkungen zu: „7 Thesen zur Lehre im Fach Personalmanagement" von H. Steinmann/T. M. Kühlmann. In: DBW 52 (1992) 1 , S. 141-147.

Gemünden, H. G.: Information: Bedarf, Analyse und Verhalten, in: Wittmann, W. u.a. (Hg.): HWB, Teilband 2. Stuttgart 1993, S. 1725-1735.

Gloede, D.: Strategische Personalplanung in multinationalen Unternehmungen. Wiesbaden 1991.

Götze, U.: Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. Wiesbaden 1991.

Good, I. J.: Subjective Probability as the Measure of a Non-Measurable Set. In: Nagel, E./Suppes, P./Tarski, A. (eds.): Logic, Methodology and Philosophy of Science. Stanford (Cal.) 1962, S. 319-329.

Green Hall, N.: A Fuzzy Decision Support System for Strategic Planning. In: Sanchez E./Zadeh, L. A. (eds.): Approximate Reasoning in Intelligent Systems, Decision and Control. Oxford u.a. 1987, S. 77-90.

Gutenberg, E.: Unternehmensführung. Wiesbaden 1962.

Hackman, J. R./Oldham, G. R.: Work Redesign. Reading (Mass.) u.a. 1980.

Hägg, C.: Possibility And Cost In Decision Analysis. In: FSS, 1 (1978), S. 81-86.

Hahn, D./Steimetz, D.: Gesamtunternehmensmodelle als Entscheidungshilfe im Rahmen der Zielplanung, strategischen und operativen Planung. In: Plötzeneder, H. D. (Hg.): Computergestützte Unternehmensplanung, Fachberichte und Referate zum Wirtschaftsinformatik Symposium 1976 IBM Deutschland, Band 1, S. 23-54.

Hahn, D./Taylor, B. (Hg.): Strategische Unternehmensplanung – strategische Unternehmensführung. 7., völlig neu bearb. u. erw. Aufl., Heidelberg 1997.

Hamacher, H.: Über logische Aggregationen nicht-binär explizierter Entscheidungskriterien. Frankfurt a.M. 1978

Hammann, P./Erichson, B.: Marktforschung. 3., überarb. u. erw. Aufl., Stuttgart u.a. 1994.

Hamel, W.: Zielsysteme. In: In: E. Frese (Hg.): HWO, 3., völlig neu gest. Aufl., Stuttgart 1992, Sp. 2634-2651.

Hanssmann, F.: Corporate Planning Based on a Static Analytical Modell. In: Plötzeneder, Hans D. (Hg.) : Computergestützte Unternehmensplanung, Fachberichte und Referate zum Wirtschaftsinformatik Symposium 1976 IBM Deutschland, Band 1, S. 83-102.

Hanssmann, F.: Zur Quantifizierung der Unternehmensstrategie auf der Ebene strategischer Geschäftseinheiten. In: Bratschitsch, R./Schnellinger, W. (Hg.): Unternehmenskrisen – Ursachen, Frühwarnung, Bewältigung. Stuttgart 1981, S. 343-350.

Hanssmann, F.: Strategische Planung und quantitative Modellierung. In: OR Spektrum 1982 , 4, S. 27-33.

Hanssmann F.: Jenseits der Portfolio-Analyse: Systemare Strategische Planung. In: Hanssmann, F. u.a. (Hg.): Strategische Planung, Bd. 1. Heidelberg 1985, S. 23-36.

Hanssmann, F.: Was versteht die GSP unter strategischer Planung? In: Hanssmann, F. u.a. (Hg.): Strategische Planung, Bd. 1. Heidelberg 1985a, S. 151-157.

Hanssmann, F.: Strategische Entscheidungsmodelle: Wo bleibt die empirische Forschung? In: OR Proceedings. Berlin u.a. 1988, S. 245-252.

Hanuscheck, R.: Fuzzy Sets versus Wahrscheinlichkeiten - Zur Eignung beider Konzepte für die quantitative Investitionsplanung unter Unsicherheit. In: OR Proceedings. Berlin u.a. 1986, S. 437-442.

Hart, A.G.: Anticipations, Uncertainty, and Dynamic Planning. New York 1940.

Hax, H./Laux, H.: Flexible Planung – Verfahrensregeln und Entscheidungsmodelle für die Planung bei Ungewißheit. In: ZfbF, 24. Jg. (1972), S. 318-340.

Heinen, E.: Zum Wissenschaftsprogramm der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre. In: ZfB, 39. Jg. (1969), Nr. 4, S. 207-220.

Hempel, C.G.: Scientific Explanation. New York 1965.

Hempel, C.G.: Wissenschaftliche und historische Erklärungen. In: Albert, H. (Hg.): Theorie und Realität. 2., veränderte Aufl., Tübingen 1972, S. 237-261.

Hempel, C.G./Oppenheim, P.: Studies in Logic of Explanation. In: Philosophy of Science, Vol. 15, No. 2 (1948), S. 135-175.

Hemmer, E.: Neuere Strategien bei Personalumstrukturierungen. In: Personal, 6/1997, S. 280-285.

Herzberg, F./Maussner, B./Snyderman, B.: The Motivation to Work. New York 1959.

Hinterhuber, H. H./Al-Ani, A./Handlbauer, G. (Hg.): Das neue strategische Management. Wiesbaden 1996.

Höhle, U.: Fuzzy Plausibility Measures. In: TIMS, No. 20, 1984, S. 83-96.

Hofmann, M. v.: Tiefenpsychologische Anleihen zum Verständnis von Führungsproblemen als Grundlage der Personalpolitik – Irrationalität im Führungsprozeß. In: Braun, W./Kossbiel, H./Reber, G.: Grundfragen der betrieblichen Personalpolitik. Festschr. Zum 65. Geb. von August Marx. Wiesbaden 1972, S. 177-199.

Hofstätter, P. R.: Tiefenpsychologische Führungstheorien. In: A. Kieser et al. (Hg.): HWFü, 2. Aufl., Stuttgart 1995, Sp. 1035-1044.

Hujer, R./Cremer,R.: Grundlagen und Probleme einer Theorie der sozioökonomischen Messung. In: Pfohl, H.-C./Rürup, B.: Wirtschaftliche Messprobleme. Köln 1977, S. 1-22.

Huschens, S./Kofler, E./Menges, G.: Das Prognoseproblem als Entscheidungsproblem bei partieller Information. In: Allgemeines Statistisches Archiv, Jg. 67 (1983), Nr. 2, S. 162-176.

Inderfurth, K.: Starre und flexible Investitionsplanung. Wiesbaden 1982.

Insua, D. R.: On The Foundation of Decision Making Under Partial Information. In: Geweke, J. (ed.): Decision making under risk and uncertainty. Dordrecht u.a. 1992, S. 93-100.

Isermann, H.: Strukturierung von Entscheidungsprozessen bei mehrfacher Zielsetzung. In: OR Spektrum, 1 (1979), S. 3-26.

Jacob, H.: Unsicherheit und Flexibilität. Zur Theorie der Planung bei Unsicherheit, erster Teil, In: ZfB, 44. Jg. (1974a), S. 299-326.

Jacob, H.: Unsicherheit und Flexibilität. Zur Theorie der Planung bei Unsicherheit, zweiter Teil. In: ZfB, 44. Jg. (1974b), S. 403-448.

Jacob, H.: Unsicherheit und Flexibilität. Zur Theorie der Planung bei Unsicherheit, dritter Teil. In: ZfB, 44. Jg. (1974c), S. 505-526.

Jacob, H.: Quantifizierungsprobleme im Rahmen der strategischen Unternehmensplanung. In: Hahn, D. (Hg.): Führungsprobleme industrieller Unternehmungen. Festschr. Z. 60. Geb. v. F. Thomée. Berlin/New York 1980, S. 19-45.

Jacob, H.: Die Bedeutung der Flexibilität im Rahmen der strategischen Planung. In: Koch, H. (Hg.): Neuere Entwicklungen in der Unternehmenstheorie, Wiesbaden 1982, S. 69-98.

Jacob, H./Karrenberg, R.: Die Bedeutung von Wahrscheinlichkeitsintervallen für die Planung bei Unsicherheit. In: ZfB, Jg. 47 (1977), H. 11, S. 673-696.

Jaeger, A.: Mathematische Programmierung. In: Szyperski, N. (Hg.): HWPlan. Stuttgart 1989, Sp. 1066-1080.

Jaffray, J.-Y.: Application of Linear Utility Theory to Belief Functions. In: Bouchon, B./Saitta, L./Yager R. R. (eds.): Uncertainty and Intelligent Systems. Berlin u.a. 1988, S. 1-8.

Jarr, K.: Simultane Produktions- und Personalplanung. In: ZfB, 44. Jg. (1974), S. 685-702.

Jarr, K.: Stochastische Personalplanungen. Diss. Hamburg 1976.

Joll, C./McKenna, C./McNabb, R./Shorey, J.: Development in Labour Market Analysis. London u.a. 1983.

Jones, A./Kaufmann, A./Zimmermann, H.-J. (eds.): Fuzzy Sets Theory and Applications. Dordrecht u.a. 1986.

Joslyn, C.: Possibilistic Measurement and Set Statistics. In: Villareal, J. (ed.): Proceedings of the 1992 NAFIPS Conference 2, NASA 1992, S. 458-467.

Joslyn, C.: Possibilistic Semantics and Measurement Methods in Complex Systems. In: Ayyub, B. (ed.): Proceedings of the 2nd International Symposium on Uncertainty Modelling and Analysis. IEEE Computer Society 1993, S. 208-215.

Kacprzyk, J./Fedrizzi, M. (eds.): Combining Fuzzy Imprecision with Probabilistic Uncertainty in Decision Making. Berlin u.a. 1988.

Kaufmann, A./Gupta, M.M.: Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science. Amsterdam u.a. 1991.

Keil, R.: Strategieentwicklung bei qualitativen Zielen. Sternenfels/Berlin 1996.

Kirman, A. P.: Measure Theory with Applications to Economics. In: Arrow, K. J./Intriligator, M. D. (eds.): Handbook of Economics, Vol. 1. Amsterdam 1981, S.159-209.

Kirsch, W.: Strategische Unternehmensführung. In: Wittmann, W. u.a. (Hg.): HWB, 5. Aufl., Stuttgart 1993, S. 4093-4111.

Klingel, W. Das Personalplroblem im Bankbetrieb. Darmstadt 1929, zugl. Diss. Frankfurt a.M.

Koch, H.: Aufbau der Unternehmensplanung. Wiesbaden 1977.

Koch, H.: Neuere Beiträge zur Unternehmensplanung. Wiesbaden 1980.

Koch, H. (Hg.): Unternehmensstrategien und Strategische Planung. In: ZfbF, Sonderheft 15 (1983).

Kofler, E u.a.: Stochastische Partielle Information. In: Statistische Hefte, 21, 2 (1980), S. 160-167.

Kofler, E. : Fuzzy Sets oder LPI-Theorie? In Menges, G./Schelbert, H./Zweifel, P. (Hg.): Stochastische Unschärfe in den Wirtschaftswissenschaften. Frankfurt a.M. 1981, S. 65-113.

Kofler, E.: Prognosen und Stabilität bei unvollständiger Information. Frankfurt a. M./New York 1989.

Kofler, E./Menges, G.: Entscheidungen bei unvollständiger Information. Berlin u.a. 1976.

Kofler, E./Zweifel, P.: Convolution of fuzzy distributions in decision-making. In. Statistical Papers, 32 (1991), S. 123-136.

Kohlas, J.: Modelling uncertainty with belief functions in numerical models. In: EJOR, 40 (1989), S. 377-388.

Kolb, M.: Flexibilisierung als konzeptionelle Leitidee strategischen Personalmanagements. In: Weber, W./Weinmann, J. (Hg.): Strategisches Personalmanagement. Stuttgart 1989, S. 205-221.

Kosiol, E.: Organisation der Unternehmung. Wiesbaden 1962.

Kosiol, E.: Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum. Hamburg 1966.

Kosiol, E.: Zur Problematik der Planung in der Unternehmung. In: Wild, J. (Hg.): Unternehmensplanung. Reinbek bei Hamburg 1975, S. 38-57.

Kossbiel, H.: Die Bestimmung des Personalbedarfs, des Personaleinsatzes und der Personalausstattung als betriebliches Entscheidungsproblem. Unveröffentl. Habilitationsschrift. Kiel 1970.

Kossbiel, H.: Überlegungen zur Verbindung von Stellen- und Personalplanung. Unveröffentl. Vortragsmanuskript. Hamburg 1980.

Kossbiel, H.: Personalwirtschaft. In: Bea, F.X./Dichtl, E./Schweitzer, M. (Hg.): Allg. Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3: Prozesse. 1. Aufl., Stuttgart/New York 1983, S. 243-284.

Kossbiel, H.: Personalbereitstellung und Personalführung. In: Jacob, H. (Hg.): Allg. Betriebswirtschaftslehre. 5. Aufl., Wiesbaden 1988, S. 1045-1253.

Kossbiel, H.: Personalplanung und betriebliche Weiterbildung. In: Aschenbrücker, K./Pleiß, U. (Hg.): Menschenführung und Menschenbildung. Hohengehren 1991, S. 247-266.

Kossbiel, H.: Personalbereitstellungsplanung bei Arbeitszeitflexibilisierung. In: ZfB, 62. Jg. (1992), S. 175-198.

Kossbiel, H.: Personalplanung. In: Wittmann, W. et al. (Hg.): HWB, 5., völlig neu gest. Aufl., Stuttgart 1993, Sp. 3127-3140.

Kossbiel, H.: Personalwirtschaft. In: Bea, F.X./Dichtl, E./Schweitzer, M. (Hg.): Allg. Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3: Leistungsprozeß. 6., neubearb. Aufl., Stuttgart/Jena 1994, S. 395-479.

Kossbiel, H.: Effizienz betrieblicher Anreizsysteme. In: DBW 54 (1994a), H. 1, S. 75-93.

Kossbiel, H.: Personalwirtschaftliches Handeln und Human Resourse Management. In: EKONOMIKA PRACY W ZARZADZANIU. Ksiega jubileuszowa dla uczenia zaslug naukowych i dydaktycznych Profesora Ferdynanda Michonia. Kraków 1995.

Kossbiel, H.: Überlegungen zur ökonomischen Legitimierbarkeit betrieblicher Personalausstattungen. Unveröffentl. Diskussionspapier. Frankfurt a.M. 1997.

Kossbiel, H./Spengler, T.: Personalwirtschaft und Organisation: In: E. Frese (Hg.): HWO, 3., völlig neu gest. Aufl., Stuttgart 1992, Sp. 1949-1962.

Kossbiel, H./Spengler, T.: Personalplanung für Führungskräfte. In: A. Kieser et al. (Hg.): HWFü, 2. Aufl., Stuttgart 1995, Sp. 1736-1749.

Kossbiel, H./Spengler, T.: Ökonomisch legitimierbare Personalentscheidungen als Gegenstand personalwirtschaftlicher Hochschulausbildung. In: S. Laske u. M. Auer (Hg.): Personalwirtschaftliche Ausbildung an Hochschulen, Sonderband der ZfP, 1997, S. 48-73.

Kossbiel, H./Spengler, T.: Legitimationsgrundlagen betrieblicher Personalentscheidungen. In: J. Berthel (Hg.): Unternehmen im Wandel: Konsequenzen für und Unterstützung durch die Personalwirtschaft. München und Mering 1998. *Im Druck.*

Kreikebaum, H.: Strategische Unternehmensplanung. 4. Aufl., Stuttgart u.a. 1991.

Kruse, R./Gebhardt, J./Klawonn, F.: Fuzzy-Systeme. Stuttgart 1993.

Kubicek, H.: Empirische Organisationsforschung. Stuttgart 1975.

Laux, H.: Flexible Investitionsplanung. Opladen 1971.

Laux, H.: Grundfragen der Organisation. Berlin u.a. 1979.

Laux, H.: Entscheidungstheorie – Grundlagen. Berlin u.a. 1982.

Lenz, H.: Entscheidungsmodell und Entscheidungsrealität – Metatheoretische Überlegungen zum logischen Status von Entscheidungsmodellen und dem Problem ihrer Anwendung auf die Realität. In: Schmidt, R.H./Schor, G. (Hg.): Modelle in der Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden 1987, S. 273-307.

Lindblom, C. E.: The Science of Muddling Through. In: Leavitt, H. J./Pondy, L. R./Boje, D. M.: Readings in Managerial Psychology. Chicago/London 1980, S. 144-160.

Lindstädt, H.: Optimierung der Qualität von Gruppenentscheidungen. Heidelberg 1997.

Ling, B: Zusammenhänge zwischen strategischer Personalplanung und Unternehmensstrategie aus der Sicht des Personalwesens. In: Weber, W./Weinmann, J. (Hg.): Strategisches Personalmanagement. Stuttgart 1989, S. 49-62.

Löffler, C.: Die Wirkungen der strategischen Planung auf den Unternehmenserfolg. Wiesbaden 1995.

Lücke, W.: Fristigkeit der Pläne. In: Szyperski, N. (Hg.): HWPlan. Stuttgart 1989, Sp. 535-542.

Luhmann, N.: Funktionen und Folgen formaler Organisation. Berlin 1972.

Maasch, J.: Strategische Personalplanung. Wiesbaden 1996.

Mag, W.: Was ist ökonomisches Denken? In: DBW 48 (1988) 6, S. 761-776.

Maggee, J. F.: How to Use Decision Trees in Capital Investment. In: HBR, Vol 42 (1964), H. 5, S. 79-96.

Maibaum, G.: Wahrscheinlichkeitsrechnung. 3. unv. Aufl. Thun u. Frankfurt a.M. 1980.

Maier, K.: Die Flexibilität betrieblicher Leistungsprozesse. Frankfurt a.M. 1982.

Maslow, A. H.: Motivation and Personality. New York 1954.

Mayntz, R./Holm, K./Hübner, P.: Einführung in die Methoden der empirischen Soziologie. Köln/Opladen 1969.

Menges, G./Skala, H. J.: Grundriß der Statistik, Teil 2: Daten. Ihre Gewinnung und Verarbeitung. Opladen 1973.

Mentzos, S.: Interpersonale und institutionalisierte Abwehr.. Erw. Neuausg., 4. Neuaufl., Frankfurt 1996.

Meyer-Schönherr, M.: Szenario-Technik. Ludwigsburg/Berlin 1992.

Meyhak, H.: Simultane Gesamtplanunung im mehrstufigen Mehrproduktunternehmen. Wiesbaden 1970.

Miller, G. A./Galanter, E./Pribam, K. H.: Strategien des Handelns. Pläne und Strukturen des Verhaltens. Stuttgart 1973.

Miltenberger, K.: Strategische Weiterbildungsplanung: modellgestützte strategische Planung betrieblicher Weiterbildung. Freiburg i. Br. 1993.

Mintzberg, H.: Patterns In Strategy Formation. In: MS, Vol. 24, No. 9, 1978, S. 934-948.

Molière, F.d.: Prinzipien des Modellentwurfs. Eine modelltheoretische und gestaltungsorientierte Betrachtung. Diss. Darmstadt 1984.

Mosler, K.: Multiattribute utility functions, partial information on coefficients, and efficient choice. In: OR Spektrum 1991, S. 87-94.

Motsch, A.: Entscheidung bei partieller Information. Wiesbaden 1995.

Moxter, A.: Grundsätze ordnungsmäßiger Unternehmensbewertung. 2., völlig umgearb. Aufl., Wiesbaden 1983.

Muche, G.: Der implizite Ansatz der Personalbereitstellungsplanung. Unveröffentl. Arbeitspapier, Hamburg 1996.

Muche, G.: Personalplanung bei gegebener Personalausstattung. Göttingen 1989.

Muir, A.: Relation between probability and fuzzy theory. In: Di Nola, A./Ventre, A. G. S. (eds.) : The Mathematics of Fuzzy Systems. Köln 1986.

Müller-Merbach, H.: Frühwarnsysteme zur betrieblichen Krisenerkennung und Modelle zur Beurteilung von Krisenabwehrmaßnahmen. In: Plötzeneder, H. D. (Hg.): Computergestützte Unternehmensplanung, Fachberichte und Referate zum Wirtschaftsinformatik Symposium 1976 IBM Deutschland, Band 1, S. 419-438.

Müller-Merbach, H.: Quantitative Entscheidungsvorbereitung. In: DBW, 37. Jg. (1977) 1, S. 11-23.

Müller-Merbach, H.: Modellstrukturierung im OR. Das Individuum und das Modell. in: OR Proceedings 1980. Berlin u.a. 1981, S.144-154.

Müller-Merbach, H.: Operations Research. 3., durchgesehene Aufl., München 1985.

Müller-Merbach, H./Golling, H.-J.: Die Rolle von Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Entscheidungsprozessen. In: Helmstädter, E. (Hg.): Neuere Entwicklungen in den Wirtschaftswissenschaften. Berlin 1978, S. 413-430.

Naylor, T. H. / Naylor, C. (eds.): Optimization Models for Strategic Planning. Amsterdam 1984.

Neuberger, Oswald: Führungsverhalten und Führungserfolg. Berlin 1976.

Neubürger, K. W.: Risikobeurteilung bei strategischen Unternehmensentscheidungen. Stuttgart 1980.

Nienhüser, W.: Langfristige demographische Veränderungen und Personalstrategien Ein Problemaufriß und erste Hypothesen. In: Schriften aus dem Arbeitskreis Betriebswirtschaftliche Verhaltensforschung. Paderborn 1989.

Nienhüser, W.: Die Entwicklung theoretischer Modelle als Beitrag zur Fundierung der Personalwirtschaftslehre. Überlegungen am Beispiel der Erklärung des Zustandekommens von Personalstrategien. In: . Weber, W. (Hg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996, S. 39-88.

Novák, V.: Fuzzy Sets and their Applications. Bristol/Philadelphia 1986.

Odiorne, G. S.: Strategic management of human resources: A portfolio approach. San Francisco u.a. 1984.

Oechsler, W. A.: Unternehmenskrisen und strategisches Krisenmanagement. In: Blum, R./Steiner, M. (Hg.): Aktuelle Probleme der Marktwirtschaft in gesamt- und einzelwirtschaftlicher Sicht: Festgabe zum 65. Geburtstag von Louis Perridon. Berlin 1984, S. 345-372.

Opie, R.: Marshall's time analysis. In: The Economic Journal, No. 162, June 1931, Vol. XLI, S. 199-215.

Opitz, O./Schader, M.: Analyse qualitativer Daten: Einführung und Übersicht, Teil 1. In: OR Spektrum, 1984, S. 67-83.

Opitz, O./Ambrosi, K./Turulski, N.: Zur Beschreibung mehrdimensionaler Daten durch Gesichter. In: Blum, R./Steiner, M. (Hg.): Aktuelle Probleme der Marktwirtschaft in gesamt- und einzelwirtschaftlicher Sicht: Festgabe zum 65. Geburtstag von Louis Perridon. Berlin 1984, S. 393-403.

Ott, N.: Möglichkeiten und Grenzen der Modellierung von Unsicherheit mit Fuzzy-Methoden bei entscheidungstheoretischen Fragestellungen. Unveröffentl. Habilitationsschrift, Frankfurt a.M. 1996.

Pearl, J.: Probalistic Reasoning In Intelligent Systems: Network of Plausible Inference. San Mateo Cal. 1988.

Pearl, J.: Reasoning with Belief Functions: An Analysis of Compatibility. In: International Journal of Approximate Reasoning, 4 (1990), S. 363-389.

Pfanzagl, J.: Die axiomatischen Grundlagen einer allgemeinen Theorie des Messens. In: Sagoroff, S. (Hg.): Schriftenreihe des Statistischen Institutes der Universität Wien, neue Folge Nr. 1, Würzburg 1959.

Pfohl, H.-C.: Messung subjektiver Wahrscheinlichkeiten. In: Pfohl, H.-C./Rürup, B.(Hg.): Wirtschaftliche Messprobleme. Köln 1977, S. 23-35.

Picot, A./Lange, B.: Synoptische versus inkrementale Gestaltung des strategischen Planungsprozesses - Theoretische Grundlagen und Ergebnisse einer Laborstudie. In: ZfbF 31 (1979), S. 569-596.

Piesch, W.: Die Lösungen einer Klasse von Produktionsglättungsmodellen. Tübingen 1968.

Popp, W./Vollert, H.: Strategische Planung mit mathematischer Programmierung: Ein Anwendungsfall aus dem Non - Profit-Bereich. In: Hanssmann, F. u.a. (Hg.): Strategische Planung, Bd. 2. Heidelberg 1986, S. 17-30.

Popp, W.: Strategische Planung für eine multinationale Unternehmung mit gemischt-ganzzahliger Programmierung. In: OR Spektrum 1983, 5, S. 45-57.

Popper, K. R.: Objektive Erkenntnis. 2. Aufl., Hamburg 1994.

Popper, K. R.:Naturgesetze und theoretische Systeme. In: Albert, H. (Hg.): Theorie und Realität. 2., veränderte Aufl., Tübingen 1972, S. 43-58.

Porter, M.: Towards A Dynamic Theory Of Strategy. In: Strategic Management Journal, Vol. 12 (1991), S. 95-117.

Reber, G.: Individuum, Individuum über alles. In: DBW 38 (1978) 1, S. 83-102.

Reibnitz, U. v.: Szenarien - Optionen für die Zukunft. Hamburg u.a. 1987.

Reimers, U.: Koordination von Entscheidungen in hierarchischen Organisationen bei mehrfachen Zielsetzungen. Frankfurt a.M. 1985.

Reinhardt, F./Soeder, H.: dtv-Atlas zur Mathematik, Bd. 1: Grundlagen, Algebra und Geometrie. 7. Aufl., 1987.

Richter, R.: Methodologie aus Sicht des Wirtschaftstheoretikers. In: Weltwirtschaftliches Archiv, Bd. 95 (1965), H. 2, S. 242-261.

Ridder, H.-G.: Personalwirtschaftslehre als ökonomische Theorie. In: Weber, W. (Hg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996, S. 317-339.

Rieck, C.: Spieltheorie. Wiesbaden 1993

Riedl, J.: Strategie und Personal. Wiesbaden 1995.

Rieper, B.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungsmodelle. Herne/Berlin 1992.

Röthig, P.: Strategische Personalplanung im System Unternehmung. Diss. Gießen 1982.

Rommelfanger, H.: Stochastic Programming with Vague Data. In: Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös nominatae Sectio Computatorica, 12 (1991), S. 213-221.

Rommelfanger, H: Fuzzy Decision Support Systeme. Entscheiden bei Unsicherheit. 2., verb. u. erw. Aufl., Berlin u.a. 1994.

Rommelfanger, H./Schüpke, M.: Netzplantechnik mit Fuzzy-Daten. In: K.-W. Hansmann et al. (Hg.): Operations Research Proceedings 1992, Berlin u.a. 1993, S. 298-305.

Rosenstiel, L. v.: Messung der Arbeitszufriedenheit. In: Pfohl, H.-C./Rürup, B. (Hg.): Wirtschaftliche Messprobleme. Köln 1977, S. 109-127.

Rosenstiel, L. v.: Wandel in der Karrieremotivation – Verfall oder Neuorientierung? In. Rosenstiel, L. v./Einsiedler, H.E./Streich, R. K. (Hg.): Wertewandel als Herausforderung an die Unternehmenspolitik. Stuttgart 1987, S. 35-52.

Ruhland, J. M./Wilde, K. D.: Bibliographie zum Strategischen Management I. In: Hanssmann, F. u.a. (Hg.): Strategische Planung, Bd. 1. Heidelberg, 1985, S. 159-164.

Rumelt, R. P./Schendel, D./Teece, D. J.: Strategic Management and Economics. In: Strategic Management Journal, Vol. 12 (1991), S. 5-29.

Sadowski, D. Humankapital und Organisationskapital – Zwei Grundkategorien einer ökonomischen Theorie der Personalpolitik im Unternehmen. In: Ordelheide, D./Rudolph, B./Büsselmann, E. (Hg.): Betriebswirtschaftslehre und ökonomische Theorie. Stuttgart 1991, S. 127-141.

Sadowski, D.: Der Wettbewerb von Theorie und Praxis der Personalwirtschaft. In: Kistner, K.-P./Schmidt, R. (Hg.): Unternehmensdynamik. Horst Albach zum 60. Geburtstag. Wiesbaden 1991a, S. 310-314.

Schanz, G.: Organisationsgestaltung. München 1982.

Schanz, G.: Methodologie für Betriebswirte. 2., überarb. u. erw. Aufl., Stuttgart 1988.

Schanz, G.: Personalwirtschaftslehre. 2., völlig neu bearb. Aufl., München 1993.

Schelbert, H.: Lineare partielle Information und wirtschaftliche Entscheidungen. In: Menges, G./Schelbert, H./Zweifel, P. (Hg.): Stochastische Unschärfe in den Wirtschaftswissenschaften. Frankfurt a.M. 1981, S. 40-59.

Schenk, H. Y.: Entscheidungshorizonte im deterministischen dynamischen Lagerhaltungsmodell. Heidelberg 1991.

Schmalenbach, E.: Neue Aufgaben der Betriebswirtschaftslehre. In: Betriebswirtschaftliche Beiträge, 1. Jg. (1947), S. 3-9.

Schmeidler D.: Subjective Probability and Expected Utility without Additivity. In: Econometrica, Vol. 57 (1989), No. 3, S. 571-587.

Schmid, F.: Skalierungsverfahren. In: Albers, W. et al. (Hg.): HdWW. Stuttgart u.a. 1988, S. 549-556.

Schmidt, R.: Strategische Unternehmensplanung und OR. In: OR Proceedings 1980, S. 356-368.

Schneewiß, C.: Dynamisches Programmieren. Würzburg/Wien 1974.

Schneeweiß, C./Kühn, M.: Zur Definition und gegenseitigen Abgrenzung der Begriffe Flexibilität, Elastizität und Robustheit. In: ZfbF, 42 (5/1990), S. 378-395.

Schneeweiß, H.: Nutzenaxiomatik und Theorie des Messens. In: Menges, G. (Hg.): Statistische Hefte, Vol.4, 4. Jg. (1963), S.178-220.

Schneeweiß, H.: Eine Entscheidungsregel für den Fall partiell bekannter Wahrscheinlichkeiten. In: Unternehmensforschung Bd. 8, 1964, S. 86-95.

Schneeweiß, H.: Entscheidungskriterien bei Risiko. Berlin u.a. 1967.

Schneider, D.: Flexible Planung als Lösung der Entscheidungsprobleme unter Ungewißheit? In: ZfbF, 23. Jg. (1971), S. 831-851.

Schneider, D.: Meßbarkeitsstufen subjektiver Wahrscheinlichkeiten als Erscheinungsform der Ungewißheit. In: ZfbF, 31. Jg. (1979), S. 89-122.

Schneider, D.: Informations- und Entscheidungstheorie. München u.a. 1995.

Schneider, E.: Sinn und Grenzen der Quantitativen Wirtschaftsforschung. In: Zeitschr. f. d. ges. Staatswissenschaft, Bd. 108 (1952), S. 594-610.

Schober, F.: Modellgestützte strategische Planung für multinationale Unternehmungen, Berlin u.a. 1988.

Scholl-Schaaf, M.: Werthaltung und Wertsystem. Bonn 1975.

Scholz, C.: Strategisches Management. Ein integrativer Ansatz. Berlin/New York 1987.

Scholz, C.: STRATA - A method for strategic analysis of complex systems. In: EJOR, 24 (1986), S. 168-177.

Scholz, C.: Strategische Personalplanung. In: Personalwirtschaft, 11. Jg., 8/1984, S. 261-266.

Scholz, C.: Zur Konzeption einer Strategischen Personalplanung. In: ZfbF 34, (11/1982), S. 979-994.

Schreyögg, G.: Unternehmensstrategie. Berlin/New York 1984.

Schreyögg, G.: Zur Logik der Strategischen Unternehmensführung. In: management review 3/92, 3. Jg. (1992), Heft 2, S.199-212.

Schulte, R.: Zeit und strategische Planung. Wiesbaden 1996.

Schultz, R.: Ordinale Wahrscheinlichkeitsurteile, Wahrscheinlichkeitsdominanz und die Anzahl verschiedener Umweltszenarien. In: ZfB, 56. Jg. (1986), H. 10, S. 989-1001.

Schweitzer, M.: Planung und Kontrolle. In: Bea, F.X./Dichtl, E./Schweitzer, M. (Hg.): Allg. Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2: Führung. 3., neubearb. u. erw. Aufl., Stuttgart/New York 1987, S. 9-72.

Sever, D.: Strategisches Personalmanagement als Instrument des Konfliktmanagements. Wiesbaden 1990.

Sesselmeier, W./Blauermel, G.: Arbeitsmarkttheorien. Heidelberg1990.

Shafer, G.: A Mathematical Theory of Evidence. Princeton 1976.

Shafer, G.: Non-Additive Probabilities in the Work of Bernoulli and Lambert. In: Archive for History of Exact Sciences, Vol. 19 (1978), S. 309-370.

Shafer, G.: Constructive Probability, In: Synthese, 48 (1981), S. 1-60.

Shafer, G.: Perspectives on the Theory and Practice of Belief Functions. In: International Journal of Approximate Reasoning, 4 (1990), S. 323-362.

Shafer, G./Tversky, A.: Languages and Designs for Probability Judgment. In: Bell, D. E./Raiffa, H./Tversky, H. (eds.): Decision Making. Cambridge 1988, S. 237-265.

Simon, H. A.: Models of bounded rationality, Vol 2: Behavioral economics and business organization. Cambridge (Mass.)/London 1982.

Slowinski, R./Teghem, J. (eds.): Stochastic Versus Fuzzy Approaches to Multiobjective Mathematical Programming under Uncertainty. Dordrecht u.a. 1990.

Smets, P.: Belief Functions versus Probability Functions. In: Bouchon, B. u.a. (Hg.): Uncertainty and Intelligent Systems. Berlin 1988, S. 17-24.

Smets, P.: Subjective Probability and Fuzzy Measures. In: Fuzzy Information and Decision Processes. Amsterdam u.a. 1982, S. 87-91.

Spengler, T.: Fuzzy-Entscheidungsmodelle für die Planung der Personalbereitstellung. Arbeitspapier, Frankfurt a.M. 1990.

Spengler, T.: Lineare Entscheidungsmodelle zur Organisations- und Personalplanung. Heidelberg 1993.

Spengler, T.: Humankapitaltheoretische Fundierung von Personalplanungsmodellen bei terminologischer und relationaler Unschärfe. In: H. Dyckhoff et al. (Hg.): Operations Research Proceedings 1993, Berlin u.a. 1994, S. 416-422.

Spengler, T.: Personalentwicklungsplanung in der Rezession. In: ZfB, 66. Jg. (1996), H. 3, S. 283-304.

Spies, M.: Unsicheres Wissen. Heidelberg u.a. 1993.

Spremann, K.: Asymmetrische Information. In: ZfB, 60. Jg. (1990), S. 561-586.

Sprengel, F.: Informationsbedarf strategischer Entscheidungshilfen. Frankfurt a.M. 1984.

Staehle, W. H./Karg, P. W.: Anmerkungen zu Entwicklung und Stand der deutschen Personalwirtschaftslehre. In: DBW 41 (1981) 1, S. 83-90.

Staudt, E.: Planung als Stückwerktechnologie. Göttingen 1979.

Stegmüller, W.: Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit. Erster Halbband: Personelle Wahrscheinlichkeit und Rationale Entscheidung. Berlin u.a. 1973.

Steiner, G. A.: Top Management Planung. München 1971; zit. nach Wittmann, W.: Betriebswirtschaftslehre I. Tübingen 1982, S. 228.

Steinmann, H./Gerhard, B.: Strategische Personalpolitik. In: Stehle, H./Rössle, W./Leuz, N. (Hg.): Jahrbuch für Betriebswirte 1991. Stuttgart 1991, S. 152-160.

Steinmann, H.//Hasselberg, F.: Die strategische Kontrolle von Differenzierungsstrategien und der Beitrag des Marketing. In: DBW, 48. Jg. (1988) 3, S. 371-392.

Steinmann, H./Kühlmann, T. M.: Sieben Thesen zur Lehre im Fach Personalmanagement. In: DBW, 51. Jg. (1991) 5 , S. 667-673.

Steinmann, H./Schreyögg, G.: Management. Wiesbaden 1990.

Steinmann, H./Schreyögg, G./Thiem, J.: Strategische Personalführung - Inhaltliche Ansatzpunkte und Überlegungen zu einem konzeptionellen Bezugsrahmen. In: Bolte, K. M. u.a. (Hg.): Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung - Schwerpunkt: Betriebliches Personalwesen. 22. Jg. (1988), Band 3, S.397-407.

Strat, T.M.: Decision Analysis Using Belief Functions. In: Wang, Z./Klir, G.J.: Fuzzy Measure Theory. New York/London 1992, S. 285-310.

Strutz, H.: Langfristige Personalplanung auf der Grundlage von Investitionsmodellen. Wiesbaden 1976.

Sugeno, M.: Theory of Fuzzy Integral and Ist Applications. Ph. D. Thesis. Tokyo Inst. of Technology, Tokyo 1974.

Suppes, P./Zanotti, M.: Conditions on Upper and Lower Probabilities to Imply Probabilities. In: Erkenntnis, 31 (1989), S. 323-345.

Szyperski, N./Winand, U.: Grundbegriffe der Unternehmensplanung. Stuttgart 1980.

Taylor, F. W.: The Principles of Scientific Management. New York 1911.

Thiess, M./Jacobs, S.: Der Einsatz des Human-Ressourcen-Portfolios im Rahmen der strategischen Personalplanung. In: WiSt, Heft 9/1987, S. 467-470.

Traeger, D. H.: Einführung in die Fuzzy-Logik. Stuttgart 1993.

Trux, W.: Strategisches Management und quantitative Verfahren. In: Hanssmann, F. u.a. (Hg.): Strategische Planung, Bd. 1. Heidelberg 1985, S. 55-69.

Türk, K.: Objektbereich und Problemfeld einer Personalwissenschaft. In: Zeitschr. f. Arb.wiss., 32. Jg. (4/1978), S. 218-221.

Türk, K.: Personalführung und soziale Kontrolle. Stuttgart 1981.

Türk, K.: Neuere Entwicklungen in der Organisationsforschung. Stuttgart 1989.

Turksen I. B.: Measurement of Fuzzyness: An Interpretation of The Axioms Of Measurement. In: Sanchez, E. (Hg.): Fuzzy Information, Knowledge Representation and Decision Analysis. Oxford 1984.

Voigt, K.-I.: Strategische Planung und Unsicherheit. Wiesbaden 1992.

Wächter, H.: Das Personalwesen: Herausbildung einer Disziplin. In: BFuP 5/1981, S. 462-473.

Wächter, H.: Forschungsaufgaben der Personalwirtschaftslehre. In: ZfP 1/1990, S. 55-60.

Wächter, H.: Planung im Personalbereich. In: BFuP, 1970, S. 287-303.

Wächter, H.: Vom Personalwesen zum Strategic Human Resource Management. In: Staehle, W. H./Conrad, P.: Managementforschung 2. Berlin/New York 1992, S. 313-340.

Wakker, P.: A Behavioral Foundation For Fuzzy Measures. In: FSS, 3 (1990), S. 327-350.

Wakker, P.: Continuos Subjective Expected Utility with Non-Additive Probabilities. In: Journal of Mathematical Economics, 18 (1989), S. 1-27.

Wallsten, T. S.: The Costs and Benefits of Vague Information. In: Hogarth, R. M. (ed.): Insights in decision making: an attribute to Hillel J. Einhorn. London 1990, S. 28-43.

Wallsten, T. S.: Measuring Vague Uncertainties and Understanding their Use in Decision Making. In: Fürstenberg, Georg M. von (ed.): Acting Under Uncertainty: Multidisciplinary Conceptions. Dordecht u.a., 1991, S. 77-398.

Wang, Z./Klir, G.J.: Fuzzy Measure Theory. New York/London 1992.

Ward, S. C.: Arguments for Constructively Simple Models. In: ORS, Vol. 40, No. 2, 1989, S. 141-153.

Warnez, P.: Entscheidung bei Unsicherheit unter Verwendung qualitativer Informationen. Zürich 1984.

Weber, H.: Die Spannweite des betriebswirtschaftlichen Planungsbegriffes. In: ZfbF, 16. Jg. (1964), S.716-724.

Weber, W.: Betriebliche Personalarbeit als strategischer Erfolgsfaktor der Unternehmung. In: Weber, W./Weinmann, J. (Hg.): Strategisches Personalmanagement. Stuttgart 1989, S. 3-15.

Weber, W.: Fundierung der Personalwirtschaftslehre durch verhaltenswissenschaftl. Theorien. In: ders. (Hg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996, S. 279-296.

Weber, W./Kabst, R.: Personalwesen im europäischen Vergleich. Ergebnisbericht 1995. Universität-GH Paderborn 1996.

Weber, W./Klein, H.: Strategische Personalplanung. In: Gaugler, E. (Hg.): HWP, 2. Aufl., Stuttgart 1992 S. 2142-2154.

Weibler, J.: Ökonomisches vs. verhaltenswissenschaftliche Ausrichtung der Personalwirtschaftslehre - Eine notwendige Kontroverse? In: DBW 56 (1996), H. 5, S. 649-665.

Weibler, J.: Führungslehre – Ursachensuche für die Heterogenität einer Disziplin. In: Weber, W. (Hg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996a, S. 185-221.

Weinmann, J.: Strategische Personalplanung. Köln 1978.

Werner, M.: Stochastische lineare Optimierungsmodelle. Frankfurt a.M. 1973.

Werners, B.: Unterstützung der strategischen Technologieplanung durch wissensbasierte Systeme. Aachen 1993.

Whalen, T.: Decision Making under Uncertainty with Various Assumptions about Available Information. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernatics, 14 (1984), S. 888-900.

Whalen, T.: Interval probabilities induced by decision problems. In: Yager, R. R./Fedrizzi, M./Kacprzyk, J. (eds.): Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence. New York u.a. 1994, S. 353-374.

Wittmann, W.: Unternehmung und unvollkommene Information. Köln/Opladen 1959.

Wittmann, W.: Produktionstheorie. Berlin u.a. 1968.

Wittmann, W.: Betriebswirtschaftslehre I. Tübingen 1982.

Wolfenson, M./Fine, T. L.: Bayes-like Decision Making with Upper and Lower Probabilities. In: Journal of the American Statistical Association, Vol. 77, No. 377, March 1982, S. 80-88.

Wollenhaupt, H.: Rationale Entscheidungen bei unscharfen Wahrscheinlichkeiten. Frankfurt a. M. 1982.

Wollnik, M.: Systemtheoretische Ansätze. In: Kieser, A./Kubicek, H. (Hg.): Stuttgart 1978, S. 77-104.

Wright, P. M./McMahan, G. C.: Theoretical Perspectives for Strategic Human Resource Management. In: Journal of Management, Vol. 18, No. 2, 1992, S. 295-320.

Wright, P. M./Rowland, K./Weber, W.: Konzeption des Personalwesens. In: Gaugler, E. (Hg.): HWP, 2. Auflage, Stuttgart 1992, S. 1139-1154.

Wunderer, R.: Entwicklungstendenzen im Personalwesen - Beurteilung aus theoretischer und praktischer Warte. In: DBW 43 (1983), H. 2, S. 217-236.

Wunderer, R.: Personalwesen als Wissenschaft. In: Personal 31. Jg. H. 8 (1975), S. 33-36.

Yager, R. R.: Possibilistic Decisions. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernatics, 9 (1979), S. 338-342

Yager, R. R./Fedrizzi, M./Kacprzyk, J. (eds.): Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence. New York u.a. 1994, S. 353-374.

Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets. In: Information and Control, 8 (1965), S. 338-353.

Zadeh, L. A.: Probability Measures of Fuzzy Events. In: Journal of Mathematical Analysis and Applications 23, New York, 1968, S. 421-427.

Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. In: FSS, 1 (1978), S. 3-28).

Zadeh, L. A./Kacprzyk, J. (eds.): Fuzzy Logic for the Management of Uncertainty. New York u.a. 1992.

Zelewski, S.: Grundlagen. In: Corsten, H./Reiß, N. (Hg.): Betriebswirtschaftslehre. München/Wien 1994, S. 1-40.

Zimmermann, H.-J.: Optimale Entscheidungen bei mehreren Zielkriterien. In: Zeitschr. f. Organisation, 8. Jg. (1976), S. 455-460.

Zimmermann, H.-J.: Strategische Planung Eine potentielle Anwendung der Theorie unscharfer Mengen. In: OR Proceedings 1980. Berlin u.a. 1981, S. 369-376.

Zimmermann, H.-J.: Methoden und Modelle des Operations Research. Braunschweig/Wiesbaden 1987.

Zimmermann, H.-J.: Strategic Planning, Operations Research and Knowledge Based Systems. In: Verdegay, J.-L./Delgado, M. (eds.): The Interface between Artificial Intelligence and Operations Research in Fuzzy Environment. Köln 1989, S 253-274.

Zimmermann, H.-J.: Fuzzy Set Theory – and Its Applications. 2nd, rev. ed., Boston u.a. 1992.

Zweifel, P.: „Lineare partielle Information und wirtschaftliche Entscheidungen" von H. Schelbert - Eine Verallgemeinerung. In: Menges, G./Schelbert, H./Zweifel, P. (Hg.): Stochastische Unschärfe in den Wirtschaftswissenschaften. Frankfurt a. M. 1981, S. 60-63.

Grundlagen und Ansätze der strategischen Personalplanung mit vagen Informationen

Die strategische Personalplanung ist ein relativ junges Forschungsgebiet der Betriebswirtschaftslehre, das hinsichtlich theoretischer und methodischer Zugänge sowie konzeptioneller Reife als noch in den Kinderschuhen steckend bezeichnet werden kann. Das vorliegende Buch ist diesem Gebiet gewidmet und bringt Vorstellungen von der systematischen Verortung der strategischen Personalplanung innerhalb der Personalwirtschaftslehre, von ihren terminologischen und methodischen Grundlagen sowie von ihrer inhaltlichen Ausgestaltung in die wirtschaftswissenschaftliche Diskussion ein. Da sich die einschlägige Literatur bereits umfänglich mit Problemen der Analyse des strategischen Umfelds auseinandergesetzt hat, liegt der Schwerpunkt der Überlegungen auf dem Gestaltungsaspekt und damit auf der Fragestellung, wie ökonomisch legitimierbare Personalstrategien generiert, bewertet und ausgewählt werden können. Dabei wird einer Spezifität strategischer Planungen, nämlich der Unbestimmtheit entscheidungsrelevanter Informationen, besondere Beachtung geschenkt. Durch die Formulierung flexibler Planungsmodelle, die auf (in)exakten Wahrscheinlichkeitsurteilen basieren und in denen unscharfe Daten verarbeitet werden, wird in Bezug auf die strategische Personalplanung in mehrfacher Hinsicht wissenschaftliches Neuland betreten.

PD Dr. Thomas Spengler wurde 1961 in Darmstadt geboren. Nach Abitur und Studium der Betriebswirtschaftslehre wurde er 1992 zum Dr. rer. pol. promoviert. Seit 1994 ist er als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Betriebswirtschaftslehre der Universität Frankfurt a. M. tätig, an der er sich 1998 habilitierte.

Rainer Hampp Verlag
München und Mering 1999
ISBN 3-87988-410-2
SG: 17 EURO 29.65